

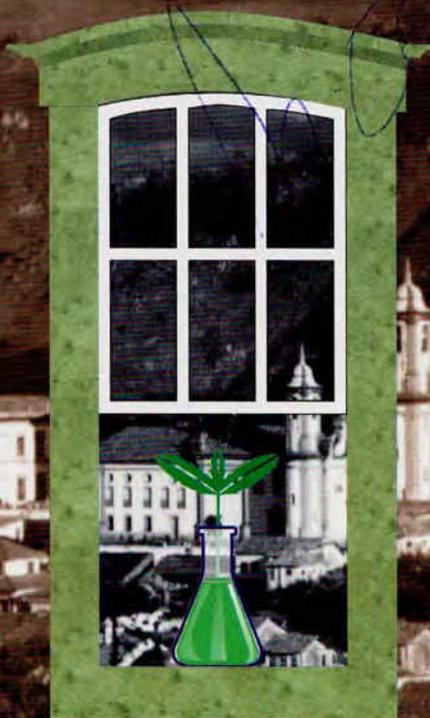
A Ciência das Plantas Daninhas na Sustentabilidade dos Sistemas Agrícolas

Palestras apresentadas no
XXVI Congresso Brasileiro da Ciência das Plantas Daninhas e
XVIII Congreso de la Asociación Latino-Americana de Malezas

Ouro Preto, MG, Brasil
04 a 08 de Maio de 2008

Editores Técnicos

Décio Karam
Maria Helena Tabim Mascarenhas
João Baptista da Silva



**SOCIEDADE BRASILEIRA DA CIÊNCIA DAS
PLANTAS DANINHAS
EMBRAPA MILHO E SORGO**

**A Ciência das Plantas Daninhas na Sustentabilidade
dos Sistema Agrícolas**

Palestras apresentadas no
XXVI Congresso Brasileiro da Ciência das
Plantas Daninhas e
XVIII Congreso de la Asociación
Latinoamericana de Malezas
Ouro Preto, MG - Brasil
04 a 08 de maio de 2008

Editores Técnicos

Décio Karam

Embrapa Milho e Sorgo

Maria Helena Tabim Mascarenhas

Epamig

João Baptista da Silva

Servittech

Sete Lagoas, MG, Brasil

2008

Promoção

Sociedade Brasileira da Ciência das Plantas Daninhas

Rodovia MG 424- Km 65- C.P. 151 - CEP 35701-970 - Sete Lagoas, MG

Telefax: (31) 3779 1086

Home page: www.sbcpd.org E-mail: secsbcpd@cnpmms.embrapa.br

Asociación Latinoamericana de Malezas (ALAM)

Dirección Postal: Dr. Bielinski M. Santos c/o ALAM, 14625 County Rd.
672, Wimauma, Florida, USA 33598

Teléfono: 1-813-634-0000 ext. 3133. Fax: 1-813-634-0001

Realização

Embrapa Milho e Sorgo

Rodovia MG 424-Km 65-C.P. 151 - CEP 35701-970 - Sete Lagoas, MG

Telefone: (31) 3779 1000 - Fax: (31) 3779 1088

Home page: www.cnpms.embrapa.br E-mail: sac@cnpmms.embrapa.br

Normalização bibliográfica: *Maria Tereza Rocha Ferreira*

Editoração eletrônica: *Tânia Mara Assunção Barbosa*

Arte final da capa: *Leonardo Pedras*

1ª edição

1ª impressão (2008): 700 exemplares

Todos os direitos reservados.

A reprodução não autorizada desta publicação, no todo ou em parte, constitui violação dos direitos autorais (Lei Nº 9.160).

CIP. Brasil. Catalogação-na-publicação.

Congresso Brasileiro da Ciência das Plantas Daninhas (26).: 2008: Ouro Preto, MG. A ciência das plantas daninhas na sustentabilidade dos sistemas agrícolas: palestras apresentadas no XXVI Congresso Brasileiro da Ciência das Plantas Daninhas e XVIII Congreso de la Asociación Latinoamericana de Malezas, Ouro Preto, MG, 04 a 08 de maio de 2008; editores técnicos, Décio Karam, Maria Helena Tabim Mascarenhas, João Baptista da Silva. Sete Lagoas: SBPCPD: Embrapa Milho e Sorgo, 2008.

381 p.

ISBN 978-85-98410-03-6

1. Plantas Daninhas. I. Karam, Décio, ed. tec. II. Mascarenhas, Maria Helena Tabim, ed. tec. III. Silva, João Baptista da, ed. tec. IV. Congreso de la Asociación de Malezas (18. : Ouro Preto, MG). V. Título.

SOCIEDADE BRASILEIRA DA CIÊNCIA DAS PLANTAS DANINHAS
Gestão 2006 - 2008

Diretoria

Presidente: Décio Karam
1º Vice-Presidente: Maria Helena Tabim Mascarenhas
2º Vice-Presidente: Francisco Affonso Ferreira
1º Secretário: Elifas Nunes de Alcântara
2º Secretário: Tarcisio Cobucci
1º Tesoureiro: Nestor Gabriel da Silva
2º Tesoureiro: João Baptista da Silva

Conselho Consultivo

Robert Deuber
Júlio César Durigan
Dionísio Luís Pisa Gazziero
Ricardo Victoria Filho
Marcus Barifouse Matallo
Roberto José de Carvalho Perreira
Luis Lonardoní Foloni

Conselho Fiscal

Edson Begliomini
Edivaldo Luiz Panini
Antonio Alberto da Silva

Suplentes

Maurílio Fernandes de Oliveira
Lino Roberto Ferreira
Neimar de Freitas Duarte

Representantes Regionais

Região Norte: Antonio Pedro da Silva Souza Filho
Região Nordeste: Francisco Cláudio Lopes de Freitas
Região Centro: Oeste: Eliane Regina Archangelo
Região Sudeste: Cleber Daniel de Góes Maciel
Região Sul: Aldo Merotto Júnior

Relações Intenacionais

Robinson Antonio Pitelli
Ulisses Rocha Antuniasse
João Baptista da Silva
Pedro Luis da Costa Aguiar Alves

Apresentação

O crescimento mundial da população urbana e a redução da população rural têm estimulado a adoção de tecnologias para o aumento da produção agrícola. Entretanto, os custos de produção têm, nos últimos anos, aumentado substancialmente devido, principalmente, à utilização dos insumos, geralmente originados de produtos importados.

Dentre os fatores que contribuem para a baixa produtividade das plantas cultivadas, as plantas daninhas podem ocasionar, através da competição, perdas de até 90%, quando nenhum método de controle for empregado. Neste ponto de vista, o gasto com o manejo de plantas daninhas tem ultrapassado, em alguns casos, mais de 12% do custo da produção. Apesar do grande avanço no desenvolvimento de tecnologias para o manejo das infestantes nos últimos 50 anos, essas ainda continuam sendo um dos grandes problemas na produção agrícola mundial.

A insuficiência de conhecimentos básicos, tais como a biologia, ecologia, e a dinâmica das plantas daninhas, as alternativas de controle, a dinâmica de herbicidas e impactos ambientais tem contribuído para o uso indiscriminado e o aumento significativo na probabilidade de contaminação ambiental e impacto na saúde humana.

A presente obra, elaborada de forma conjunta pela Sociedade Brasileira da Ciência das Plantas Daninhas - SBCPD, a Asociación Latino-Americana de Malezas – ALAM, a Embrapa Milho e Sorgo e a EPAMIG, teve como objetivo compilar as apresentações realizadas no XXVI Congresso Brasileiro da Ciência das Plantas Daninhas e o XVIII Congreso de la Asociación Latino-Americana de Malezas, disponibilizando conhecimentos técnicos que contribuirão para a implantação do Manejo Integrado. Esta publicação traz o que há de mais atual e tecnicamente recomendado para a sustentabilidade dos sistemas de produção quanto ao Manejo Integrado de Plantas Daninhas, para que seja utilizado de forma ambientalmente e socialmente mais correta.

Décio Karam
Presidente SBCPD
Biênio 2006-2008

Sumário

Capítulo 1

A Ciência na Sustentabilidade dos Sistemas Agrícolas	13
--	----

Capítulo 2

Importância do Ensino da Disciplina de Plantas Daninhas na Formação dos Profissionais da Área Agrícola.....	27
---	----

Capítulo 3 - Biodiversidade de Plantas Daninhas

Biodiversidad de Malezas	47
Invasive Plants and Weed Biodiversity	65
Modelos de Estudos da Biodiversidade de Plantas	75

Capítulo 4 - Plantas Daninhas Aquáticas

Manejo de Plantas Aquáticas em Reservatórios de Hidrelétricas no Brasil	85
Manejo de Malezas Acuáticas en la Región Sur de América Latina	93
Impacto Ambiental de Herbicidas no Meio Aquático	107

Capítulo 5 - Manejo Integrado de Plantas Daninhas em Cana-de-Açúcar

Manejo Integrado de Plantas Daninhas em Cana-de-Açúcar em Grandes Unidades de Produção - Visão Prática.....	117
Dinâmica dos Herbicidas no Solo e as Recomendações em Época Seca x Úmida	135
Reduced Tillage in Florida Sugarcane	143
Uso de Maturadores na Cultura da Cana-de-Açúcar	147

Capítulo 6 - Manejo Integrado de Plantas Daninhas em Soja	
Evolução no Manejo de Plantas Daninhas em Soja	153
Capítulo 7	
Variedades Resistentes a Herbicidas: Legislação e Liberação	165
Capítulo 8 - Interação Herbicida-Ambiente	
Lixiviação e Contaminação das Águas do Rio Corumbataí por Herbicidas	181
Fitorremediação de Solos com Residual de Herbicidas	193
Modelagem da Bioconcentração de Herbicidas em Plantas	201
Capítulo 9 - Resistência de Culturas e Plantas Daninhas a Herbicidas	
Crop and Weed Resistance to Glyphosate: A Global Overview ...	211
Manejo e Controle de Plantas Daninhas Resistentes ao Glifosato no Brasil	223
Capítulo 10	
Potencial de Utilização e Manejo de Plantas Daninhas nas Culturas da Mamona, Girassol e Pinhão Manso	235
Capítulo 11 - Dinâmica Espacial e Temporal de Plantas Daninhas	
Modelos Espaciales y Temporales de la Dinámica de Poblaciones de Malezas	243
Distribuição Espacial do Banco de Sementes de Plantas Daninhas	249
Técnicas de Sensoriamento Remoto para o Mapeamento da Distribuição Espacial de Plantas Daninhas	255
Risk Analysis for Weed Occurrence	263

Capítulo 12 - Tecnologia de Aplicação de Herbicidas

Segurança das Condições de Trabalho com Herbicidas	273
Controle de Qualidade na Aplicação de Herbicidas	281
Métodos de Aplicação de Herbicidas para Pequenas Propriedades e Áreas Declivosas	291
Avanços Tecnológicos em Equipamentos para Aplicação de Herbicidas.....	331

Capítulo 13 - Manejo de Plantas Daninhas em Sistemas Agroecológicos

Pontos de Vista da Extensão Rural sobre o Manejo de Plantas Daninhas em Sistemas Agroecológicos	341
Alternativas de Controle de Plantas Daninhas em Grandes Culturas.....	345
Manejo de Malezas Y Registro de Herbicidas para la Producción de Hortalizas en Florida, Estados Unidos	353

Capítulo 14 - Manejo de Plantas Daninhas em Povoamentos Florestais

Sistema Agroflorestais - Manejo de Plantas Daninhas.....	361
Efeito do Glyphosate na Severidade da Ferrugem (<i>Puccinia psidii</i>) do Eucalipto	371
Visão Empresarial do Manejo de Plantas Daninhas em Povoamentos Florestais	379

Capítulo 1

A Ciência na Sustentabilidade dos Sistemas Agrícolas

A Ciência na Sustentabilidade dos Sistemas Agrícolas

Silvio Crestana¹; José Eloir Denardin²; Ricardo Alamino Figueiredo³

¹Pesquisador e Diretor-Presidente da Embrapa, Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, presid@embrapa.br, Embrapa Sede, PqEB, Av. W3 Norte, CP 040315, 70770-901, Brasília-DF; ²Pesquisador, Embrapa Trigo, Rod. BR 285 - km 294, CP 451, 99001-970, Passo Fundo-RS; ³ Pesquisador e Assessor da Diretoria Executiva, Embrapa Sede, Brasília - DF.

Introdução

O debate sobre desenvolvimento sustentável tem repercussões diretas sobre como o homem viverá e produzirá de agora em diante, ou seja, trata da redefinição dos modelos de consumo, da gestão empresarial do agronegócio, industrial ou de serviços, bem como, da essencial contribuição da Ciência e da formulação e implementação de novas políticas públicas nacionais e internacionais. Isto se evidencia por ser fisicamente impossível, manter os atuais níveis de população e de riquezas sem que sejam utilizados recursos naturais não renováveis (CRESTANA, 2001), (HALL, 2000).

Ciência e Revolução Verde

A Ciência, ao gerar e transferir tecnologias (C&T), alavancou a chamada primeira Revolução Verde que, partindo dos países desenvolvidos, possibilitou uma enorme expansão da produção e da produtividade agrícola em países menos desenvolvidos, particularmente a partir da década de 1970. No Brasil, durante esta "revolução", a ciência por meio das instituições de C&T (ex.: Embrapa, Sistema Nacional de Pesquisa Agropecuária - SNPA, universidades e institutos de pesquisa) conquistou o conhecimento em Agricultura Tropical. Por meio deste conhecimento associado a políticas públicas adequadas, ao trabalho do agricultor e do setor privado, foi possível reduzir expressivamente o período necessário para melhoramentos e adaptações genéticas, bem como o ciclo

de inovações no cultivo. Isto permitiu que fosse feito aqui, em três décadas, o que a Europa fez em três milênios (CASTRO, 2006). Foram, portanto, inegáveis os ganhos para as nações que conseguiram incorporar e adaptar novas tecnologias e manejos em sua produção, possibilitando geração de riquezas e equilíbrio de suas balanças comerciais, conquista de segurança alimentar e redução do preço dos alimentos. Em suma, trouxe bem-estar para o homem do campo e da cidade. Países como o Brasil e a Índia são fortes exemplos de beneficiados a partir deste fenômeno.

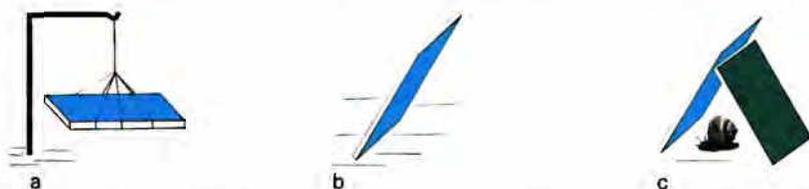
No entanto, se a agricultura foi a principal forma de utilização dos recursos naturais e de ocupação do ambiente pelo homem, permitindo produzir em quantidade e qualidade, alimentos e fibras para suas populações (TAVARES et al., 2008), esta foi e continua sendo uma das mais importantes fontes de impactos ao ambiente (CHIRAS, 1995; WHITE, 1997). O intensivo uso de insumos derivados de petróleo, questões sociais como a dificuldade de incorporação das tecnologias e do modelo de gestão pela agricultura de menor escala, êxodo rural, poluição, riscos à biodiversidade, uso exaustivo de recursos naturais (ex.: solos, água e florestas), dentre outros, acabaram por descortinar um novo momento. Neste novo cenário, o setor agrícola é, por suas características, campo propício para se integrar o propósito da sustentabilidade ecológica com crescimento econômico socialmente desejável (ROMEIRO, 1998). Esta realidade que se apresenta é denominada por alguns de "Segunda Revolução Verde". Ignacy Sachs reforça que se desenvolva o mais brevemente possível uma "Revolução Duplamente Verde". Considerado um "ecossocioeconomista" e defendendo a interação destas dimensões desde os anos 1970, concebe o desenvolvimento como uma combinação do crescimento econômico, com aumento igualitário do bem-estar social e preservação ambiental. Desta forma, por meio de uma "Responsabilidade ou Solidariedade Sincrônica", cuidar-se-ia adequadamente do aspecto social da geração atual e por uma "Responsabilidade ou Solidariedade Diacrônica" trabalhar-se-ia o social das gerações futuras, traduzidas na ges-

tão do aspecto ambiental, hoje (SACHS, 1990). O aspecto econômico, as políticas públicas e a C&T seriam então, as formas de sistematizar estes componentes.

Portanto, a percepção do limite dos recursos naturais somada às demandas crescentes por alimentos, fibras e energia, decorrentes da expansão do mercado interno e externo, pelo crescimento de países emergentes (ex.:China, Índia, Rússia, Coréia do Sul, África do Sul, entre outros) e as expectativas de aumento no consumo mundial de biocombustíveis, traz consigo, o questionamento da sustentabilidade.

Sustentabilidade e Sistemas Agrícolas: Um Modelo Complexo

É bastante comum que o conceito de sustentabilidade seja associado ao sentido do adjetivo “sustentável” ou do verbo “sustentar”. Porém, é preciso considerar o verdadeiro significado do termo como algo a ser entendido num contex-



to sistêmico. Este discernimento pode ser percebido pela ilustração que se segue (Figura 1).

Figura 1. Relações entre componentes de um sistema e conseqüências da proposição: a) proposição sustentável e objeto sustentado; b) objeto sustentável e proposição insustentável; e c) objetos sustentáveis e proposição sustentável à emergência de sustentabilidade (D’AGOSTINI, 2004).

Verifica-se na representação que, alguns elementos, individualmente (Figura 1b), ou num sistema sem complexidade estrutural (Figura 1a), só podem ser sustentados, mas não se sustentam. Infere-se então que, quando se passa de

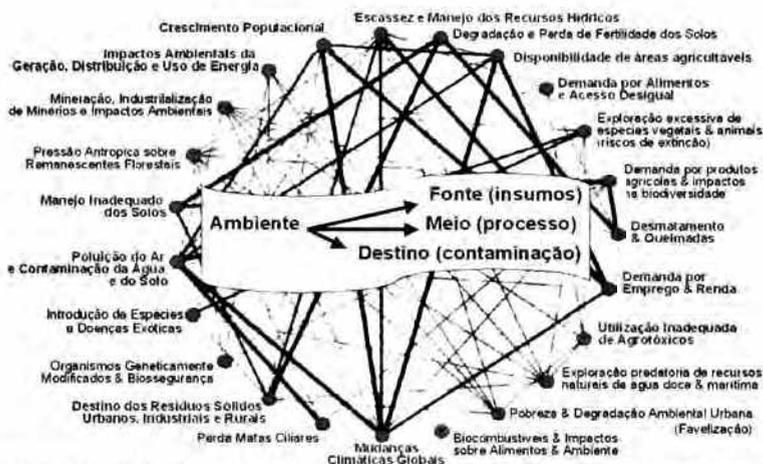
sistemas apenas sustentáveis para sistemas de mínima complexidade organizacional entre seus componentes, o significado implícito no sustentável não trata apenas da possibilidade de sustentar o sistema, mas também da possibilidade de fazer emergir sustentabilidade dele (Figura 1c).

Aplicando-se esta concepção sistêmica às questões do componente solo, percebe-se que o conceito da fertilidade deste, restrito a fatores de natureza química, é insuficiente diante da complexidade das inter-relações envolvidas. Desta forma, a gestão de sistemas agrícolas, baseada apenas nas relações minerais de fertilidade do solo, não se insere no equilíbrio dinâmico do agroecossistema e de seu entorno. A estrutura do solo, por exemplo, exerce papel preponderante, já que a quantidade e a qualidade de carbono orgânico gerado, juntamente com o seqüestro de carbono orgânico e a prevenção de perdas de qualquer ordem (erosão, lixiviação, volatilização, eluviação, etc), são importantes referências para a gestão de sistemas agrícolas. Portanto, os sistemas agrícolas e os modelos de produção são peças - chave para realçar a relevância da biodiversidade na produção de carbono orgânico e na estruturação do solo. Menos visível, mas igualmente importante, é a miríade de microorganismos do solo, polinizadores e inimigos naturais de pragas e doenças que produzem papel regulatório essencial à produção agrícola (JARVIS et al., 2007). Assim, entende-se o sistema agrícola como a interação dos fatores ambiente (potencial energético), planta/animal (potencial genético) e solo (fertilidade) que resultará na produtividade agrícola. Esse relacionamento de fatores pode ser evidenciado em sistemas agrícolas extensivos, em que a qualidade e a quantidade de material orgânico gerado pelo fator genético, em interação com o ambiente e o solo, faz emergir fertilidade do solo.

Já o modelo de produção dos sistemas agrícolas, confere qualidade, quantidade e periodicidade ao aporte de carbono ao solo e, associado ao manejo aplicado aos resíduos culturais, também induz fertilidade ao solo. Isto poderá ocorrer

rer, por exemplo, com modelos de produção que integrem espécies geneticamente melhoradas para características comportamentais e estruturais. Portanto, na busca por sustentabilidade, é fundamental a transdisciplinaridade das Ciências do Solo, da Genética, do Ambiente, da Mecânica, entre outras, estreitamente envolvidas nas complexas relações dos sistemas agrícolas.

Ampliando este raciocínio para o agronegócio, a visão isolada da otimização de sistemas agrícolas, apoiada apenas nos aspectos agronômicos, nos processos envolvidos na produção “dentro da porteira” ou mesmo de cadeias produtivas justapostas, também não mais abarcam as necessidades atuais e futuras do homem e de seu *habitat*, a Terra. Observa-se que, a partir da interação social do homem e de sua interação com o ambiente, considerado fonte (insumos), meio (processo) e destino (contaminação) de sua produção, são geradas uma série de respostas, que podem ser interpretadas a partir de suas inter-relações, em um modelo matricial (Figura 2).



Fonte: Desenho da matriz adaptado de “Global Risks, World Economic Forum 2007”

Vários tópicos: Adaptados de SALATI et al. in: “Dossiê Brasil: O país no futuro 2022, IEA-USP, 2006”

Figura 2. Matriz Ambiental-Sócio-Econômica da Agricultura.

Era do Conhecimento e Sustentabilidade

Portanto, no momento em que se vive uma onda de desenvolvimento intitulada “Era do Conhecimento”, a C&T se apresenta como um poderoso instrumento para forjar uma economia que contemple necessariamente o social e o ambiental. É, assim, fundamental que o conhecimento se transforme efetivamente em benefícios para a sociedade e para o planeta. Para fazer frente ao grande desafio da sustentabilidade, novas demandas e ferramentas ampliam a agenda de C&T, como agroenergia, biotecnologia e biossegurança, mudanças climáticas e monitoramento territorial por satélite, nanotecnologia e agricultura de precisão, modelagem de sistemas complexos, entre outras. A Embrapa junto ao SNPA e em parcerias com universidades, institutos de pesquisa e setor privado, tem trabalhado sobre um modelo em matriz, que cubra os biomas brasileiros (Amazônia, Caatinga, Cerrado, Pantanal, Mata Atlântica e Pampa) sob três vertentes: 1) Ordenamento, Monitoramento e Gestão do Território; 2) Manejo, Valorização e Valoração dos Recursos Naturais dos Biomas e, 3) Produção Agropecuária e Florestal Sustentável em Áreas Alteradas e de Uso Alternativo.

As monoculturas, embora mais simples de serem implementadas, tendem a manter os problemas originados pelas culturas anuais, principalmente milho, soja, trigo e algodão (JORDAN et al., 2007). Deste modo, a associação das tecnologias já existentes entre si e às novas descobertas, na forma de sistemas tecnológicos e não apenas de produtos ou processos isolados, pode trazer importantes soluções às necessidades atuais da sociedade e do ambiente. Dentre estas, destacam-se os sistemas integrados sustentáveis como: produção de biomassa com múltiplas espécies, sistema plantio direto com rotação e consorciação de culturas, uso consorciado de espécies perenes, recuperação de áreas degradadas, cultivo de florestas de espécies nativas, manejo de áreas alagadas, integração da produção de bioenergia e alimentos, controle biológico de pragas e do-

enças, insumos agrícolas e rotas biológicas como complemento às químicas dependentes de material fóssil (ex.: lodo de esgoto urbano e rural, resíduos da biomassa - bagaço, palha, torta, resíduos agroindustriais etc), entre outras. Tomando apenas resultados da integração lavoura-pecuária-floresta, na recuperação de áreas de pastagem degradadas no Cerrado, para cada hectare de pasto recuperado por este sistema, preserva-se 1,8 hectares de floresta nativa. Exerce ainda um papel relevante, o acompanhamento dos produtos e processos gerados pelas instituições de C&T, sejam públicas ou privadas, avaliando *ex-ante* e *ex-post*, os impactos econômicos e sócio-ambientais de suas tecnologias, conforme pode ser demonstrado por Magalhães et al. (2006), entre outros trabalhos. Para ser efetiva e eficaz na transferência destas tecnologias e na geração de inovação, a Embrapa faz parcerias estratégicas com grandes empresas e organizações público-privadas (ex.: *Bunge, Monsanto, Basf, Dow, Pioneer, Brasif, John Deere, Única, Jircas, Petrobrás, Infraero*), bem como, com médias e pequenas, inserindo-se no setor produtivo para ações de grande impacto comercial. São parcerias em biotecnologia de sementes, melhoria genética animal e vegetal, máquinas, equipamentos e processos agrícolas, sistemas de produção sustentáveis, que são colocados no mercado nacional e quando estratégicos tornam-se objeto de negociação internacional. Para executar ações de grande impacto social, tendo como público alvo a agricultura familiar, assentados, comunidades tradicionais como indígenas e quilombolas, a Embrapa também faz parcerias institucionais com CONTAG, MST, SAF / MDA, INCRA, Sec. Inclusão Social - MCT, MMA, Min. Integração, MDIC, ANVISA / MS, Sec. da Pesca, ANA, FUNASA, DRS - Banco do Brasil, Petrobrás, SENAR, entre outras. Pode-se assim, desenvolver diversas ações como Programa de Sementes e Mudanças, Projeto Barraginhas, Programa Balde Cheio, Fossa Asséptica, Agregação de Valor à Produção Agroindustrial Familiar, Tecnologias para Produção de Leite de Qualidade, Caprinos, Ovinos, Suínos, Aves, Piscicultura, Apicultura, Frutas, Hortaliças e Grãos. São usadas para isto diversas ferramentas, dentre elas o Programa

de Rádio Prosa Rural, Dias de Campo, Dias de Campo na TV, dentre outras. Na esteira destas inovações, a proteção intelectual é trabalhada tanto com objetivos comerciais, quanto para finalidades sociais (ex.: proteção de sementes para uso na agricultura de menor escala).

Na esfera global, a busca por sustentabilidade dos sistemas agrícolas, bem como, a da espécie humana prescinde do fortalecimento dos fóruns de discussão dos modelos de desenvolvimento desejados para o planeta (ex.: Protocolo de Kyoto, Eco Rio 92, IPCC – Painel Intergovernamental em Mudanças Climáticas) e do consequente compromisso das nações com esta realidade (ex.: substituição gradual da matriz energética fóssil e redução da emissão de gases de efeito estufa, investimentos em P&D de mudanças climáticas, como avaliação de vulnerabilidades nos biomas, ações de mitigação dos efeitos e de adaptação, entre outras). Na esfera nacional, é imprescindível a formulação e a integração de políticas públicas à C&T para fazer frente à complexidade das demandas (ex.: investimentos na produção agrícola atrelados a um claro modelo de desenvolvimento e ao mercado, zoneamento agro-econômico-ecológico, produção de etanol e biodiesel com orientação social e ambiental, resolução das áreas de vazios institucionais e tecnológicos, parcerias público-públicas e público-privadas para C&T, rastreabilidade e certificação). Tendo em vista estas e outras complexas demandas, a Embrapa prepara seu próximo Plano Diretor (PDE 2008 – 2011) considerando os cenários da pesquisa agrícola no horizonte dos próximos 15 anos (2008 – 2023), quando ela completará 50 anos de sua criação. E, reconhecendo a importância que a pesquisa agrícola teve e terá no desenvolvimento sustentável do país, o Governo Federal, representado pelo presidente Lula, encomendou um Plano de Fortalecimento e Crescimento da Embrapa (2008 – 2010), no qual também se inclui o SNPA. O retorno social desta pesquisa pode ser comprovado no Balanço Social da Embrapa em 2006, onde se verifica que para cada Real aplicado, retornaram para a sociedade R\$ 13,20 (lucro social

de R\$ 14 bilhões, 112.504 empregos gerados pelas tecnologias e 582 ações de relevante interesse social).

Considerações Finais

Na primeira Revolução Verde, a C&T aliada às políticas públicas trouxe significativo desenvolvimento, porém baseado particularmente na variável econômica (aumento de produção e produtividade com redução de custos). Já na esperada "Segunda Revolução", a agricultura deverá produzir produtos, serviços e conhecimento sob novos desafios e oportunidades. Neste contexto, políticas públicas e C&T devem permitir que se desenvolvam e se viabilizem sistemas agroindustriais integrados e sustentáveis que contemplem as dimensões econômica, social, ambiental, de redução das desigualdades regionais e da inserção global soberana dos países menos desenvolvidos.

Palavras-Chave: Desenvolvimento Sustentável, Ciência & Tecnologia, Agricultura.

Literatura Citada

CASTRO, M. C. Terceira Tentativa, Ponto de Vista, **Revista Veja**, São Paulo, v. 39, n. 20, p. 22, maio 2006.

CHIRAS, D. D. New Visions of Life Evolution of a Living Planet. In: ENVIRONMENTAL Science: action for a sustainable future. 3. ed. San Francisco: Benjamin Cummings, 1995.

CRESTANA, S. Harmonia e respeito entre homens e natureza: Uma questão de vida - A contribuição da agricultura.. In: CASTELLANO, E.G.; CHAUDHRY, F.H.. (Org.). **Desenvolvimento Sustentado: Problemas e Estratégias..** São Carlos: EESC-USP, 2001. p. 169-180.

D'AGOSTINI, L. R. **Çal do saber sem sabor – Sal do sabor em saber.** Florianópolis, Ed. Do Autor, 2004. 96 p.

A GLOBAL Risk Network Report: A World Economic Forum Report in collaboration with Citigroup, Marsh & McLennan Companies (MMC), Swiss Re, Wharton School Risk Center. Geneva, January 2007. Disponível em: http://www.weforum.org/pdf/CSI/Long_Global_Risk_Report_2007.pdf , Acesso em: 20 nov. 2007

HALL, C. A. S. The myth of sustainable development. in: HALL, C. A. S. **Quantifying sustainable development: The Future of Tropical Economies**. San Diego: Academic Press, 2000. p. 722

JARVIS, D. I.; PADOCH, C.; COOPER H. D. Biodiversity, Agriculture and Ecosystem Services. In: JARVIS, D. I.; PADOCH, C.; COOPER H. D. **Managing biodiversity in agricultural ecosystems**. New York: Columbia University Press, 2007. p.1

JORDAN, N.; BOODY, G.; BROUSSARD, W.; GLOVER, G. D.; KEENEY, D.; MCCOWN, B. H.; MCISAAC, G.; MULLER, M.; MURRAY, H.; NEAL, J.,;PANSIN, C.; TURNER R. E.; WARNER K.,;WYSE, D. Sustainable development of the agricultural bio-economy: a U.S. farm policy shift to joint production of commodities and ecological services will advance sustainable agriculture. **Science**, Washington, v. 316, n. 5831, p. 1570-1572, Jun 15, 2007.

MAGALHÃES, M. C.; VEDOVOTO, G. L.; IRIAS, L. J. M.; VIEIRA, R. de C. M. T.; ÁVILA, A. F. D. (Ed.). **Avaliação dos impactos da pesquisa da Embrapa** : uma amostra de 12 tecnologias. Brasília, DF: Embrapa. Secretaria de Gestão e Estratégia, 2006. 243 p. (Embrapa. Secretaria de Gestão e Estratégia.Documentos, 13).

ROMEIRO, A. R. **Meio ambiente e dinâmica de inovações na dinâmica de inovações na agricultura**. São Paulo: Annablume-FAPESP, 1998, 277 p.

SACHS, I. Recursos, emprego e financiamento do desenvolvimento: produzir sem destruir. O caso do Brasil. **Revista de Economia Política**, São Paulo, v. 10, n. 1, Janeiro / Março 1990

SALATI, E.; SANTOS, A. A.; KLABIN, I. Temas Ambientais Relevantes, in: Dossiê Brasil: o país no futuro - 2022, IEA-USP. **Estudos Avançados**, São Paulo, v. 20, n. 56, p.107-127, 2006

TAVARES, E. D.; SIQUEIRA, E. R.; DA SILVA, M. A. S. Agricultura e uso sustentável dos recursos naturais In: ALBUQUERQUE, A. C. S.; SILVA, A. G. **Agricultura tropical: quatro décadas de inovações tecnológicas, institucionais e políticas**, v.2 - Utilização sustentável dos recursos naturais. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2008.

WHITE, L. Jr. The Historical Roots of Our Ecological Crisis. In: NELISSEN, N.; STRAATEN, J.V. der; KLINKERS, L. (Ed.). **Classics in Environmental Studies: an overview of classic texts in environmental studies**. Utrecht: International Books, 1997. cap. 10, p. 143-152

Capítulo 2

Importância do Ensino da Disciplina de Plantas Daninhas na Formação dos Profissionais da

Área Agrícola

Desse modo, as plantas daninhas não devem ser ministradas somente nos cursos diretamente relacionados à produção e transformação da biomassa vegetal (Engenharia Agrônoma, Engenharia Agrícola, Zootecnia e Engenharia Florestal) mas também em cursos que lidam com sistemas de produção de natureza biológica ou com possíveis impactos de sistemas de produção industriais sobre ecossistemas, como são os cursos de biologia e ecologia, por exemplo.

Os cursos com maior justificativa para o estudo das plantas daninhas são aqueles relacionadas a agricultura? É sabido que o crescimento populacional, principalmente nos países em desenvolvimento, vem estimulando a geração e a adoção de tecnologias para o aumento da produtividade agrícola, sem as quais não seria possível a segurança

Importância do Ensino da Disciplina de Plantas Daninhas na Formação dos Profissionais da Área Agrícola

Edivaldo Domingues Velini

Faculdade de Ciências Agrônomicas / UNESP – Campus de Botucatu

Décio Karam

Embrapa Milho e Sorgo

1. Justificativa para o estudo das plantas daninhas e dos métodos utilizados para controlá-las

O conhecimento se mostra mais complexo a cada dia. Um sistema de produção consiste em uma intrincada rede de conhecimentos e tecnologias entre si dependentes e interligados. As plantas daninhas são importantes componentes dos sistemas de produção agrícolas, pecuários e florestais, mas também estão presentes, causando problemas, em áreas urbanas, industriais, rios e lagos, rodovias e ferrovias.

Desse modo, os conhecimentos sobre plantas daninhas não devem ser ministrados somente nos cursos diretamente relacionados à produção e transformação da biomassa vegetal (Engenharia Agrônômica, Engenharia Agrícola, Zootecnia e Engenharia Florestal) mas também em cursos que lidam com sistemas de produção de natureza biológica ou com possíveis impactos de sistemas de produção industriais sobre ecossistemas, como são os cursos de biologia e ecologia, por exemplo.

Os cursos com maior justificativa para o estudo das plantas daninhas são aqueles relacionadas a agricultura? É sabido que o crescimento populacional, principalmente nos países em desenvolvimento, vem estimulando a geração e a adoção de tecnologias para o aumento da produtividade agrícola, sem as quais não seria possível a segurança

alimentar. A introdução de fertilizantes, a mecanização agrícola, o conhecimento dos princípios da genética e o uso de defensivos agrícolas são apontadas como as principais técnicas responsáveis pelo aumento da produção de alimentos no mundo (Zimdahl, 1999). De acordo com informações da FAO, aproximadamente 30% do total da produção ainda é perdida a cada ano pela infestação de insetos, patógenos e competição por plantas invasoras, apesar do crescente aumento de uso de agroquímicos nos cultivos. Somente no Brasil esta prática representa anualmente, o movimento de cerca de US\$ 2,5 bilhões.

Dentre os fatores que contribuem para a baixa produtividade das plantas cultivadas as plantas daninhas podem ocasionar, através da competição, perdas médias de aproximadamente 15% na produção mundial de grãos (Walker, 1975; Labrada, 1992), podendo essas perdas, em alguns casos serem superiores a 90%. Com base nas perdas médias mundiais decorrentes da interferência das plantas daninhas nas culturas, a redução da produção de grãos, na safra nacional de 2006/2007, foi estimada em 15 milhões de toneladas.

Praticamente todas as informações apresentadas sobre danos provocados por plantas daninhas limitam-se às possíveis reduções de produtividade agrícola, mas há vários outros efeitos que devem ser considerados. Na agricultura moderna, em que se buscam altas produtividades, não há espaço para o cultivo sem controle de plantas daninhas. Uma vez constituído o banco de sementes no solo, é certo que haverá a necessidade do uso de práticas de controle e, conseqüentemente, do gasto com as mesmas. As culturas estarão preservadas dos efeitos das plantas daninhas, mas o sistema de produção foi penalizado com os custos de controle. Em culturas anuais, os custos com controle podem variar bastante mas normalmente são superiores a R\$100/ha.safra. Em culturas semi-perenes ou perenes, os valores normalmente encontram-se entre R\$100 e R\$1.000/ha em cada ano ou safra, mas podem superar este valor

máximo em locais de difícil acesso, como áreas de reimplantação de florestas em margens de rios e reservatórios.

É oportuno comparar economicamente o controle de plantas daninhas ao controle de outros organismos que também promovem perdas de produtividade agrícola. A participação dos herbicidas, em 2004, no mercado brasileiro de defensivos agrícolas corresponde a 40% , enquanto que fungicidas corresponde a 31% e inseticidas 24% (Figura 1). O consumo de herbicidas tem crescido em termos de participação no mercado total de defensivos.

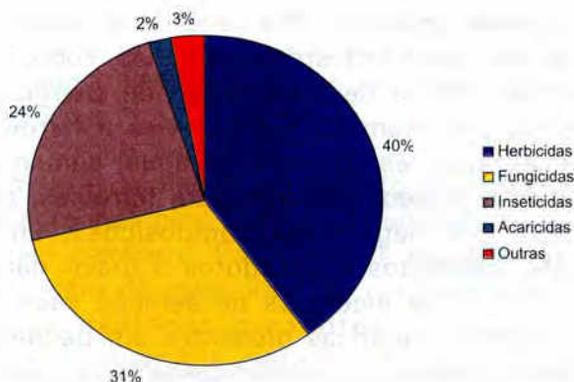


Figura 1. Participação das diferentes classes de defensivos agrícolas no mercado do Brasil de 2004.

Também há a preocupação com os efeitos dos agentes ou métodos de controle. As plantas daninhas são plantas, assim como as plantas cultivadas. Não é simples desenvolver métodos de controle capazes de controlar um grande número de espécies de plantas daninhas sem que haja qualquer dano à cultura. Há sempre o risco de intoxicação da cultura, promovendo a morte ou a redução da produtividade da mesma. Também podem ocorrer riscos a culturas que sucedem aquela em que o controle foi realizado. A preocupação dos produtores com a seletividade dos

métodos de controle, com destaque para os herbicidas, é crescente e hoje é consenso que o melhor sistema de controle é, antes de tudo, o que preserva a capacidade de produção da cultura. A seletividade é uma propriedade de um herbicida, aplicado em um determinado momento, em uma determinada dose e cultura. Pode ser reduzida ou ampliada dependendo do tipo de solo, regime de chuvas, variedade da cultura, dose e técnica de aplicação utilizada. O manejo da seletividade é tão complexo quanto o manejo do controle, mas tem recebido uma atenção muito menor em termos de ensino e, também, de pesquisa. Muito pouca atenção tem sido dada a este aspecto em nossos eventos e cursos.

Os danos provocados por plantas daninhas não se limitam a áreas agrícolas. Podem estar presentes e causar problemas em áreas industriais, urbanas, rodovias, ferrovias, lagos, rios, linhas de transmissão de energia, oleodutos e gasodutos, por exemplo. Em rodovias e ferrovias interferem na sinalização, escoamento de água, aumentam o risco de incêndios e, especificamente para ferrovias, podem limitar a tração e frenagem das composições. Em linhas de transmissão, oleodutos e gasodutos o maior dano está associado ao risco de incêndios na estação seca. Em rios e lagos, as plantas aquáticas presentes em pequenas quantidades podem promover grandes benefícios, mas em grandes infestações, podem interferir intensa e negativamente no uso múltiplo das coleções de água, limitando atividades de recreação, o uso para consumo animal ou humano, aumentando as perdas de água por evapo-transpiração, reduzindo a capacidade de geração de energia elétrica ou dificultando o transporte e reduzir a oxigenação da água. Em rodovias e ferrovias, os custos com controle podem alcançar R\$2.000 / km.ano. O controle de plantas aquáticas submersas ou flutuantes pode ter custos de até R\$10.000/ha e o de plantas emergentes, como as taboas, pode alcançar R\$120.000/ha.

O controle de plantas daninhas em cada um destes mercados tem se tornado cada dia mais complexo, deman-

dando conhecimentos sobre biologia das plantas e também sobre eficácia, seletividade, características operacionais, custos e riscos ambientais dos métodos de controle. A palavra de ordem em todas as atividades humanas é sustentabilidade. A sustentabilidade deve ser vista em seu modo mais amplo incluindo as vertentes ambiental, econômica e social. Planejar programas de controle de plantas daninhas sustentáveis é um desafio que demanda diferentes tecnologias e conhecimentos várias áreas conhecimento humano.

Portanto, a ciência das plantas daninhas, onde é estudada a biologia incluindo taxonomia, ecologia e dinâmica populacional das plantas daninhas, torna-se fundamental aos engenheiros agrônomos para que possam identificar e caracterizar corretamente os problemas dos agricultores e assim recomendar técnicas de controle adequadas às condições de campo.

Atualmente, técnicas de manejo são requeridas na agricultura agroecológica dando sustentabilidade à produção e ao meio ambiente. Para isso, os engenheiros agrônomos devem, além de possuírem os conhecimentos básicos das espécies daninhas presentes no local, terem o embasamento técnico dos métodos de controle existentes e passíveis de utilização. Com isso conhecer sistemas de produção com as rotações e sucessões de culturas na dinâmica populacional das plantas daninhas é de extrema importância quando os técnicos forem elaborar recomendação técnica de manejo.

Visto que 40% do valor comercializado com defensivos referem-se aos herbicidas, também se torna fundamental o conhecimento desses compostos e a ação dos mesmos no ambiente. A relação dos herbicidas com o solo, a relação dos herbicidas com as águas superficiais e subterrâneas, a relação do herbicida com as plantas e mesmo a relação dos herbicidas com as pessoas, são considerados fundamentos essenciais para a sustentabilidade da produ-

ção agrícola. Deve-se ressaltar que as plantas daninhas vêm causando efeitos negativos não só para a produção de grãos, mas também para os sistemas agropastoris, agroflorestais, aquáticos, urbanos, produção de olerícolas e frutas além das áreas não agrícolas como ferrovias, rodovias e linhas de transmissão elétricas.

Além do efeito direto causado pelas plantas daninhas existem também os efeitos indiretos dessas nas culturas, como hospedeiras alternativas de pragas, moléstias, nematóides e plantas parasitas. Como hospedeiras de nematóides, as plantas daninhas podem inviabilizar os programas de controle através da rotação de culturas. Para ilustrar este efeito, no Brasil já foram relatadas 57 espécies de plantas daninhas como sendo hospedeiras alternativas do nematóide *Meloidogyne javanica*, que é responsável por redução da produção de várias culturas, incluindo a soja.

O agronegócio tem sido um dos grandes alicerces da economia brasileira representando em torno de 27% do Produto Interno Bruto Brasileiro. Desses a agricultura participa com aproximadamente 71% e a pecuária com 28% (Figura 2). Também a agricultura é importante devido à necessidade de produção de alimentos que deve ser sempre superior à necessidade da demanda pela população. A produção de grãos do Brasil, em 2006, foi de aproximadamente, 100 milhões de toneladas, o que contribui ao Produto Interno Bruto (PIB) nacional, em 2005, com aproximadamente 45 bilhões de dólares o equivalente a 25% do PIB da agricultura.

A importância do agronegócio no Brasil, também pode ser reconhecida através da criação de escolas especializadas em agricultura que se iniciaram ainda na época em que o Brasil era colônia de Portugal. Os primeiros cursos práticos, em agricultura, foram criados na Bahia, em 1812, e no Rio de Janeiro, em 1814. Em 1818, o primeiro curso para formação de engenheiros agrônomos foi criado na Alemanha, enquanto que no Brasil, a **Imperial Escola Agrícola da Bahia**

foi inaugurada em 15 de fevereiro de 1877, em São Francisco do Conde, após dois anos de sua criação, com cursos divididos em dois grupos: o elementar, que preparavam operários e regentes agrícolas e florestais, e o superior, que formava os engenheiros agrônomos, engenheiros agrícolas, silvicultores e veterinários. Atualmente esta escola é denominada de Escola de Agronomia da Universidade Federal da Bahia, tendo seu campus em Cruz das Almas.

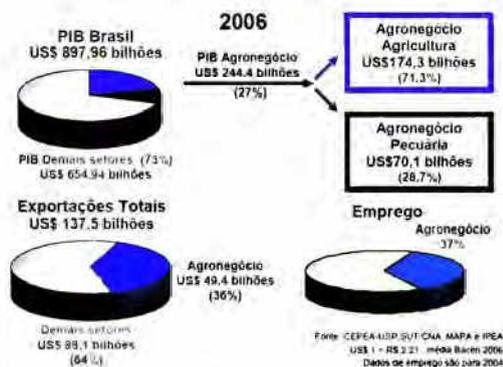


Figura 2. Participação da agricultura e pecuária no Produto Interno Bruto (PIB) do Brasil.

Em 1883, na cidade de Pelotas, no Rio Grande do Sul, começou a funcionar regularmente em 1833, a segunda escola agrícola do país, denominada através de decreto de Imperial Escola de Veterinária e Agricultura. Atualmente no Rio Grande do Sul. Fundada, por decreto imperial, recebeu o nome de Imperial Escola de Medicina Veterinária e Agricultura. Practica. Em 1909, muda-se o nome desta escola para Escola de Agronomia e Veterinária que em 1926 passa-se a chamar Escola de Agronomia e Veterinária Eliseu Maciel. Em 1934 os cursos de agronomia e veterinária tornam-se independentes e a escola passa a chamar Escola de Agronomia Eliseu Maciel. Fato que merece registro é que, em 1915, a primeira mulher diplomada em agronomia, no Brasil, pertenceu a esta escola.

No Estado de São Paulo foi criada a primeira a Escola Politécnica que implantou em 1894 o curso de engenharia agrônômica que em 1910, após seis anos de funcionamento, com um total de 23 profissionais formandos, foi desativada. Através de decreto da Lei nº 683/A, de 29 de dezembro de 1900, foi criada a Escola Prática São João da Montanha, em Piracicaba. No ano seguinte, em 19/03/1901 passa-se a ser denominada de Escola Agrícola Prática “Luiz de Queiroz”, hoje conhecida como Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”.

No estado de Minas Gerais, a Escola Superior de Agricultura e Veterinária - ESAV, criada através do **Decreto 6.053**, de 30 de março de 1922, do então Presidente do Estado de Minas Gerais, **Arthur da Silva Bernardes** foi inaugurada em 28 de agosto de 1926. Em 1948, o governo do Estado de Minas Gerais transformou esta escola em Universidade Rural do Estado de Minas Gerais – UREMG, que era composta pela Escola Superior de Agricultura, Escola Superior de Veterinária, Escola Superior de Ciências Domésticas, Escola de Especialização (Pós-Graduação), do Serviço de Experimentação e Pesquisa e do Serviço de Extensão. Em 15 de julho de 1969, o Governo Federal assumiu o controle e denominou a universidade com o nome de Universidade Federal de Viçosa.

· A partir da criação e instalação da primeira escola voltada a atividades agrícolas, o número de instituições e estudantes tem crescido. No ano de 2005, 138 cursos presenciais de graduação em agronomia estavam aprovados e em funcionamento (Figura 3) com 34763 alunos matriculados (Figura 4) e 4475 formandos (Figura 5). Em 2006, as regiões do norte, nordeste, centro-oeste, sudeste e sul contavam, respectivamente, com 14, 21, 34, 44 e 38 cursos presenciais de agronomia em funcionamento (Figura 6).

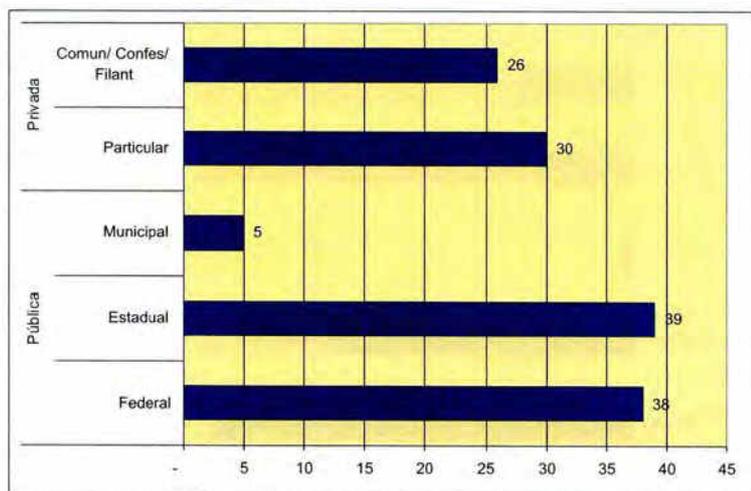


Figura 3. Cursos presenciais de graduação em agronomia, em 2005, no Brasil.

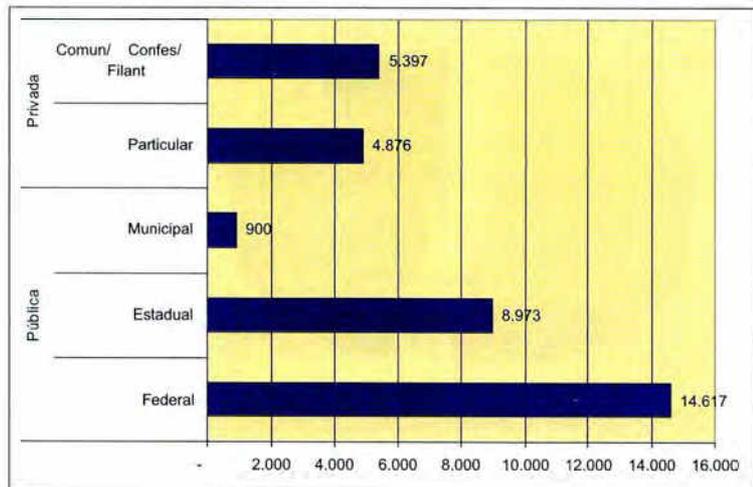


Figura 4. Número de alunos matriculados, em 2005, nos cursos presenciais de agronomia no Brasil.

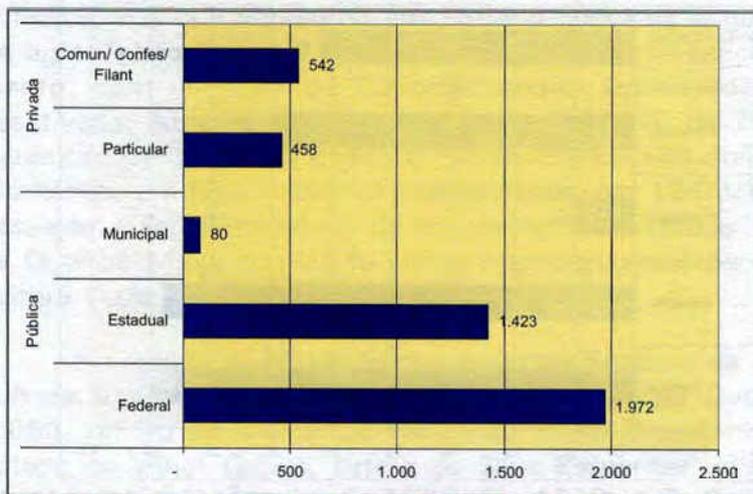


Figura 5. Número de alunos graduados em 2005 nos cursos presenciais de agronomia no Brasil.

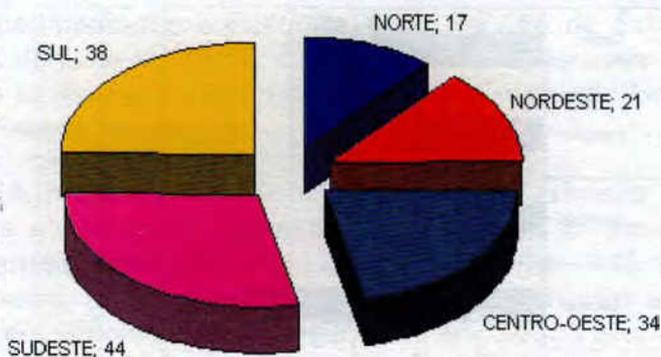


Figura 6. Número de cursos presenciais, no Brasil, em agronomia no ano de 2006.

Considerando a importância das plantas daninhas e da agricultura para o desenvolvimento do Brasil, fica claro que o conhecimento da ciência das plantas daninhas, como a biologia, ecologia, dinâmica e métodos de controle das mesmas, são imprescindíveis na formação dos engenheiros agrônomos e profissionais que exerçam atividades relacionadas à produção agrícola. A disciplina "**Plantas Daninhas**", embora não conste, como conteúdo profissional essencial, das diretrizes curriculares nacionais publicadas no DOU de 03 de fevereiro de 2006, muitas escolas tem adotado essa disciplina como fundamental para a formação de novos engenheiros agrônomos. Em várias escolas e universidades, assuntos relacionados à ciência das plantas daninhas têm sido ministrados em disciplinas como fitotecnia ou fitossanidade de forma superficial, muitas vezes não abordando todo o conteúdo necessário para que os futuros profissionais tenham o discernimento da importância e da escolha da melhor opção de manejo de invasoras. A grande quantidade de informações técnicas e científicas continuamente disponibilizadas, na área da ciência das plantas daninhas, e a necessidade de conhecimento dessas informações pelos novos engenheiros agrônomos, justificam a instalação de disciplinas específicas neste tema.

2. Conteúdos que devem ser ministrados para que os profissionais estejam aptos a elaborar programas sustentáveis de controle de plantas daninhas

A primeira unidade de conhecimento obrigatória refere-se à definição de plantas daninhas e à apresentação dos principais termos utilizados na área. É bastante importante eliminar o conceito de que as plantas daninhas foram criadas pelo homem, diferenciar os conceitos de competitividade e agressividade e caracterizar as plantas pioneiras, das quais derivam a maior parte das espécies habitualmente daninhas, apresentando as suas características, evolução e importância ecológica. Também nesta unidade, devem ser discutidos os sistemas de reprodução de plantas apresentando quais deles estão presentes nas principais espécies. As im-

plicações da reprodução vegetativa em termos de dificuldade de controle devem se discutidas.

Uma segunda unidade de conhecimentos deve incluir a identificação das principais espécies habitualmente daninhas. Mais do que aprender a identificar as principais espécies, o aluno deve ser conscientizado da importância de tal identificação para que os programas de manejo sejam eficazes. Erros na identificação de espécies de *Echinochloa*, *Digitaria*, *Bidens* e convulvuláceas, por exemplo, podem causar erros cruciais na seleção de herbicidas utilizados com o objetivo de controlá-las. Muitas vezes, dependendo do estágio, a identificação ao nível de espécie é praticamente impossível. Os alunos devem ser conscientizados da necessidade de dispor do histórico da infestação da área para que possam trabalhar com segurança. Esta é a primeira oportunidade para discorrer sobre a necessidade de planejar as atividades e sobre a importância do manejo integrado, buscando a sustentabilidade do controle, da produção e da lucratividade em médio e longo prazos.

Uma terceira unidade de conhecimento deve tratar das interferências de plantas daninhas em plantas cultivadas e sobre os seus efeitos sobre o homem e suas atividades, destacando-se: a) competição; b) alelopatia; c) interferência em tratos culturais e colheita; d) estudo das plantas parasitas; d) hospedando pragas, doenças e nematóides e outros organismos; d) aumento do risco de incêndios; f) prejuízos a atividades não agrícolas associadas a rodovias, ferrovias, hidrovias, linhas de transmissão, oleodutos, gasodutos, armazenamento e fornecimento de água e geração de energia, por exemplo; e) prejuízos e riscos associados às práticas de controle; f) custos de controle e aumentos nos custos de produção. É importante enfatizar que o potencial de interferência em áreas agrícolas pode ser alterado por características da cultura, da comunidade de plantas daninhas, do meio e das práticas de manejo.

A quarta unidade de conhecimentos deve discorrer sobre os métodos de controle de plantas daninhas. Em geral os cursos se limitam ou se concentram no estudo dos herbicidas mas este é um desvio que deve ser evitado. Não é fácil classificar as práticas de controle de plantas daninhas. Algumas práticas podem associar simultaneamente efeitos físicos, químicos e biológicos tornando obrigatório o seu isolamento das demais. Tentaremos apresentar as principais classes, com discussão obrigatória em qualquer curso sobre biologia e controle de plantas daninhas.

O principal agente de controle de plantas daninhas em áreas agrícolas é a própria cultura. As alterações no regime térmico, no balanço de radiação incidente e na disponibilidade dos fatores de crescimento impostas pelas culturas são fundamentais para definir o potencial de crescimento e de interferência das plantas daninhas. A discussão dos períodos em que a cultura controla sozinha ou suporta a convivência com o mato é fundamental para que os programas de controle sejam adequadamente elaborados. Em termos de importância e abrangência de uso, o segundo agente de controle em termos de relevância também é, em geral, negligenciado. Trata-se da cobertura do solo, que pode ser fundamental para o sucesso ou insucesso dos programas de controle. Os processos pelos quais as culturas e a cobertura do solo limitam a germinação de plantas daninhas devem ser discutidos em detalhes e esta é uma segunda oportunidade para conscientizar os alunos da necessidade do manejo integrado. A capacidade de controle da cultura e da cobertura deve ser maximizada para que o manejo com herbicidas, por exemplo, seja mais simples, barato e seguro para a cultura. Devem ser evitadas frases do tipo “a cultura é o principal herbicida que existe” pois colocam a cultura em uma condição de inferioridade em termos de importância para o manejo de plantas daninhas. Enfatizamos, em áreas agrícolas, o principal agente de controle de plantas daninhas é “sempre” a cultura. Na ampla maioria das áreas o segundo agente é a cobertura do solo e apenas o terceiro mais relevante corresponde aos herbicidas. Dentro

do controle exercido pelas culturas, inclui-se os adubos-verdes e as culturas de cobertura.

Em geral os controles tanto da cultura quanto da palhada são classificados como controles culturais. Em nosso entendimento, as duas práticas devem ser classificadas como práticas biológicas de controle. No caso da cultura a classificação é inquestionável considerando que os efeitos sobre as plantas daninhas são promovidas por um conjunto de organismos vivos. Não há qualquer restrição a que o controle biológico seja exercido por outro vegetal. No caso das coberturas de solo de origem vegetal, o efeito não decorre somente da presença dos resíduos sobre o solo, parte dos efeitos observados resultam da ocupação anterior do ambiente pelas plantas que produziram a cobertura, permitindo a sua classificação também como controle biológico. Portanto, a principal classe de métodos de controle de plantas daninhas é controle biológico.

Mas o controle biológico vai além do controle proporcionado pela cultura e pela cobertura do solo. Devem ser discutidos conceitos e exemplos de uso do controle biológico utilizando patógenos, insetos e outros predadores de plantas. A distinção entre as estratégias clássica e inundativa (ou inoculativa) e as vantagens e limitações de cada uma devem ser apresentadas.

A importância das práticas preventivas ao nível de propriedade, região ou país deve ser destacada citando-se exemplos de problemas associados à falha destas medidas e problemas que ainda poderão causar grandes prejuízos ao Brasil ou a cada uma de nossas propriedades. Neste tópico é interessante discutir os riscos associados à introdução de plantas parasitas; os danos causados ao nível de propriedades pela introdução de biotipos resistentes a herbicidas ou de espécies com reprodução vegetativa.

Uma outra importante classe de práticas de controle refere-se ao controle manual ou mecânico. Estes dois tipos

de práticas são, em geral, tratados em conjunto em função do uso combinado no campo. Devem ser discutidos os principais equipamentos utilizados, as limitações (por exemplo a presença de palha), os efeitos ambientais, custos e possibilidade de uso integrado com outros métodos.

O uso do controle físico, incluindo fogo, eletricidade e microondas deve ao menos ser citado considerando a sua possibilidade de uso no futuro. Também estão incluídas no controle físico, a solarização (aquecimento do solo com plásticos transparentes) e a redução da disponibilidade de luz com uso de plásticos opacos.

Algumas práticas de controle, como a lâmina de água, comum em arroz, são de difícil classificação e devem ser discutidas isoladamente.

O controle químico é o que demanda a maior carga horária para ser discutido. Os seguintes itens são obrigatórios: a) conceituação e terminologia; b) épocas de aplicação de herbicidas; c) absorção e translocação de herbicidas; d) grupos químicos e mecanismos de ação de herbicidas; e) características físicas e químicas, ativação e inativação de herbicidas no solo e nas plantas; f) seletividade de herbicidas a culturas; g) dinâmica dos herbicidas no solo e em palhadas; h) comportamento de herbicidas no ambiente; i) riscos associados ao uso de herbicidas; j) tecnologia de aplicação; l) adjuvantes; m) custos associados ao uso de herbicidas.

Ao término da discussão dos métodos de controle, deve ser discutida a resistência das plantas daninhas aos mesmos. Os termos resistência e tolerância devem ser claramente diferenciados. Um dos maiores erros em termos de programação de disciplinas é discutir somente a resistência a herbicidas quando as plantas daninhas podem ser tolerantes ou adquirir resistência a qualquer um dos métodos de controle. Um exemplo é a clara seleção de espécies com sementes grandes em sistemas de produção com algum tipo de resíduo (palhadas ou serapilheira) sobre o solo.

Após a abordagem dos vários métodos de controle, deve ser apresentado o conceito de manejo integrado. A sua necessidade deve ser fundamentada nas limitações técnicas, sociais, ambientais ou econômicas de cada tipo de prática quando utilizada isoladamente. Deve ser enfatizado que em áreas agrícolas, o manejo sempre usa a integração de técnicas (a cultura associada a uma ou mais técnicas voltadas à supressão da germinação ou crescimento das plantas daninhas). O manejo integrado também deve ser discutido para áreas não agrícolas, em que também é possível integrar as várias práticas de controle. Em áreas não agrícolas, o principal instrumento para o desenvolvimento de estratégias para a convivência ou o controle de plantas daninhas é o monitoramento das mesmas, o que pode demandar elevados investimentos além do uso integrado de diversas tecnologias incluindo levantamentos convencionais e o sensoriamento remoto.

Finalmente, os conhecimentos devem ser exercitados com o desenvolvimento em sala ou a apresentação de exemplos de programas de manejo integrado de plantas daninhas para culturas anuais, perenes e áreas não agrícolas. É importante incluir informações de custos de controle e prejuízos provocados pelas plantas daninhas em cada uma das condições.

Os conteúdos citados são de abordagem obrigatória em cursos como Engenharia Agrônômica, Engenharia Florestal e Engenharia Agrícola. A inclusão de parte destes conteúdos pode ser importante em cursos como Zootecnia e Biologia, dependendo da grande curricular e da ênfase dada ao conjunto de disciplinas.

3. Recomendações gerais

Para os cursos relacionados à produção vegetal, destacando-se a Engenharia Agrônômica, Engenharia Florestal e Engenharia Agrícola, apresentamos algumas considera-

ções que podem orientar o desenvolvimento de cursos de graduação voltados ao estudo das plantas daninhas.

- Os conhecimentos referentes a plantas daninhas devem ser agrupados em uma disciplina do curso. Tais conhecimentos não devem ser incluídos como uma parte de disciplinas como Agricultura, Horticultura ou Silvicultura.
- As disciplinas relacionadas às plantas daninhas e ao seu controle devem ser ministradas por profissionais que apresentem formação na área.
- As disciplinas devem incluir conhecimentos sobre biologia e identificação de plantas daninhas; efeitos de plantas daninhas; métodos de controle; manejo integrado; custos e outros efeitos associados ao controle de plantas daninhas.
- Discutir a importância e o controle de plantas daninhas também em áreas não agrícolas.
- Incluir exercícios em que os alunos elaboram programas de manejo integrado de plantas daninhas.
- Trabalhar com uma carga horária **mínima** de 60 horas aula mas o ideal seria trabalhar com mais de 90 horas.
- Estimular a inclusão de disciplinas de tecnologia de aplicação de defensivos nos currículos, simplificando o estudo dos herbicidas.
- Enfatizar que o manejo integrado de plantas daninhas já é empregado na ampla maioria das áreas agrícolas e que esta é a chave para elaborar programas de controle sustentáveis do ponto de vista técnico, econômico, social e ambiental.

Literatura Consultada

ARAUJO, N. de A. Da cadeia de agricultura ao anel de engenheiro agrônomo: ciência, civilização e estado imperial no coração da produção açucareira baiana. In: SIMPOSIO NACIONAL DE HISTORIA, 24., 2007, São Leopoldo. **Anais ...** Sao Leopoldo: Unisinos, 2007. Disponível em: < <http://snh2007.anpuh.org/resources/content/anais/Nilton%20de%20Almeida%20Ara%FAjo.pdf> > Acesso em: 28 set. 2007

CONSELHO NACIONAL DE EDUCACAO (Brasil). Resolução n 1 de 2 fev. 2006. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, 3 fev. 2006. Seção 1, p. 31-32.

FLORENCANO, J. C. S.; ABUD, M. J. M. Histórico das profissões de engenheiro, arquiteto e agrônomo no Brasil. **Revista de Ciências Exatas**, Taubaté, v. 5-8, p. 97-105, 1999-2002.

INSTITUTO NACIONAL DE ESTUDOS E PESQUISA EDUCACIONAIS ANISIO TEIXEIRA. **Censo da educação superior: sinopse estatística 2005**. Brasília, DF, jul. 2007. Disponível em: < <http://www.publicacoes.inep.gov.br/resultados.asp?subcat=6> > Acesso em: 28 set. 2007.

7.

Capítulo 3

Biodiversidade de Plantas Daninhas

Biodiversidad de Malezas

Cilia L. Fuentes; Clemencia Gómez de Enciso¹

¹Profesora Titular y estudiante de doctorado, respectivamente.
Universidad Nacional de Colombia, Facultad de Agronomía.
Bogotá, D.C. Colombia. clfuentesd@unal.edu.co

Resumen

El concepto de biodiversidad ha tenido varias interpretaciones, sin embargo, desde el punto de vista de las ciencias ecológicas, se entiende como la conjunción del número de especies (o riqueza) y su abundancia relativa. Se enfatiza aquí, la importancia de mantener la biodiversidad de los agroecosistemas, y en particular, de la biodiversidad de malezas. Ya que el reconocimiento de la diversidad de malezas implica la identificación de las especies, se destaca la importancia de su correcto reconocimiento, recomendando a los lectores sitios en la web y publicaciones.

Palabras claves: Flora de malezas, riqueza, diversidad.

Key words: Weed flora, richness, diversity.

Que se entiende por biodiversidad?

Biodiversidad es un término que hace referencia a las diferentes formas de vida y a los procesos naturales de los cuales todos los seres vivos forman parte. Indica también la manera como la vida está organizada y sus interacciones. Comúnmente se ha medido como el número de especies presentes en un área dada (www.gardenorganic.org.uk/organicweeds/weed_information/weedtype.php?id=-3).

La biodiversidad o diversidad de la vida es lo que posibilita la vida en el planeta. Es la variedad total de las entidades vivas, la cual tiene relación con sus genomas y con los hábitats o ecosistemas donde ocurren (<http://www.biodiv.org/>. The Convention on Biological Diversity, 2007). La enorme reserva genómica que el conjunto de

especies vivientes posee, constituye la base de su evolución, su adaptación y protección contra agentes deletéreos y, por consiguiente, de su permanencia sobre la tierra. De otra parte, la biodiversidad permite el ciclaje de nutrimentos y el flujo de energía a través de las cadenas alimenticias, otro pilar de la permanencia y la continuidad de la vida, en el que los organismos fotosintetizadores en general y las plantas en particular, desempeñan un papel primordial.

Dentro del contexto de las ciencias ecológicas, el uso del término "diversidad" como actual precursor del término "biodiversidad", tiene unos claros antecedentes científicos, derivados de teorías de la información (Shannon, 1948, Wiener, 1961, y Shannon y Weaver, 1963). Usos secundarios del término "biodiversidad", tales como los empleados por periodistas, políticos, otros contextos científicos y el público en general, diferentes a las ciencias ecológicas, emplean este término de una manera particular y a veces confusa (Büchs, 2003).

Ciñéndose al significado científico, (bio-)diversidad comprende dos componentes: (1) el de *riqueza* (o número diferente de especies), y (2) la expresión *de estructura de la dominancia* (frecuencia o porcentaje de cada elemento dentro del total del grupo considerado) (Stugren, 1978). De manera que el mismo grado de diversidad puede lograrse con un valor alto de riqueza de especies, o con un menor valor de riqueza pero mayor abundancia de elementos o individuos de las diferentes especies. Sin embargo, el componente de abundancia y su interpretación matemática no es considerado en los "usos secundarios", de manera que el término biodiversidad, actualmente es usado con mucha frecuencia para expresar de una manera imprecisa, el número de diferentes elementos dentro de un conjunto, que a su vez, no está claramente definido (Büchs, 2003).

Interpretaciones más recientes del término "biodiversidad" no se restringen únicamente a expresar la

riqueza o número de especies, sino también a variedades, razas, formas de vida y genotipos relacionados, o también a unidades del paisaje, tipos de hábitats, elementos estructurales (e.g. arbustos, cuerpos de agua), cultivos o diversidad de uso del suelo, entre otros. Finalmente, el término (bio-)diversidad está siendo usado en áreas y/o contextos con una relación muy lejana e indirecta a su significado ecológico, tales como diversidad de profesiones, de estilos de construcciones, de tipos de vehículos al interior de una región o comunidad definida (Büchs, 2003).

Como se indicaba anteriormente, a pesar que el término (bio) diversidad tiene un largo uso científico, no es ampliamente reconocido, conocido o usado por el público en general. Soini y Aakkula (2007) realizaron una encuesta, y muchas personas consideraron este un concepto difícil, o no les era familiar. Solo una sola persona entre todas las entrevistadas describió la biodiversidad en términos científicos. La percepción y el nivel conceptual fueron también muy diversos y heterogéneos entre los entrevistados. Igualmente, para el público en general, es difícil imaginar el significado de biodiversidad dentro de un contexto agrícola; este es más frecuentemente asociado con el ambiente forestal, y más aún, el concepto a nivel genético de biodiversidad está casi totalmente ausente (Yliskylä-Peuralahti, 2003).

Desde el punto de vista exclusivo del interés humano, la biodiversidad proporciona infinidad de recursos para sobrevivir (necesidades primarias) y para satisfacer un conjunto de necesidades secundarias. El medio ambiente provee la mayor parte de tales recursos, que los seres humanos obtenían en forma directa o manual, facilitando así su recuperación casi inmediata.

A partir de la evolución humana hacia el gregarismo y el posterior establecimiento de asentamientos o comunidades sedentarias, se evidenció la necesidad de intervenir los ecosistemas originales, diversos y

autosostenibles, para transformarlos en los homogéneos y no siempre autosostenibles agroecosistemas. Es la manera como puede incrementarse la productividad agrícola para satisfacer las necesidades de pequeñas comunidades al principio y, en la actualidad, la demanda de los grandes mercados.

Un ecosistema original o no intervenido por el hombre, se caracteriza por la presencia de un número generalmente alto de especies biológicas en poblaciones relativamente pequeñas y poco densas, que conviven en equilibrio natural. En contraste, los agroecosistemas están constituidos por poblaciones homogéneas y de alta densidad. Por lo mismo, exigen la supresión o exclusión de las poblaciones vegetales espontáneas convertidas en un factor limitativo para efectos de la producción agrícola. El valor intrínseco de estas especies en lo ecológico, lo económico y lo ornamental, pasa a un segundo plano y se rompe el equilibrio original de la vida.

El establecimiento de agroecosistemas privilegia a unas pocas especies de plantas en detrimento de las demás. Las primeras en razón de su utilidad práctica y económica, las segundas porque dificultan el desarrollo de aquéllas, incrementan los costos de producción y causan reducción de los rendimientos de los cultivos.

El concepto de biodiversidad dentro de los agroecosistemas es específico tanto en tiempo como en espacio. El grado de biodiversidad de un agroecosistema, depende de la diversidad de la vegetación dentro y alrededor del mismo, de la permanencia de cultivos dentro, de la intensidad del manejo y el grado de aislamiento del agroecosistema de la vegetación natural (Altieri y Nicholls 2004). La diversidad de un agroecosistema en el espacio se puede expresar con base en la cantidad de sus constituyentes bióticos (cultivos, malezas, insectos, microorganismos, etc.) en proporción a la superficie que ocupan, mientras que la

diversidad temporal se puede definir por la secuencia de cultivos o condiciones de las distintas parcelas que componen un sistema.

En general, se puede tener en cuenta dos tipos de biodiversidad dentro de un contexto agropecuario: (1) La biodiversidad planificada, la cual incluye a la variedad de plantas y de animales escogidos y situados dentro del sistema, por el agricultor. Esta biodiversidad se refiere a plantas de cultivos y animales de cría. (2) La biodiversidad asociada, la cual incluye a todas las otras especies encontradas dentro del sistema, aparte de aquellas incluidas en los planes del agricultor. Ejemplos incluyen a la vida silvestre, como aves y mamíferos, a los organismos del suelo y las malezas (Swift *et al.*, 1996).

Aspectos cuantitativos de la medición de la diversidad de especies

La composición de las especies y la diversidad, son rasgos característicos de la estructura de los ecosistemas y de sus funciones. Reflejan las interacciones abióticas y bióticas dentro y entre estos sistemas, en espacio y en tiempo. Por otra parte, se ha determinado que la biodiversidad a nivel regional y mundial, decrece con el impacto humano directo o indirecto, y la riqueza de especies generalmente disminuye al incrementarse la intensidad de uso de los campos agrícolas (Dierssen, 2006).

Estrategias para desarrollar uso sostenible de los campos agrícolas, y que son aplicables al caso de las malezas en los campos de cultivo, están basadas en preguntas tales como (Dierssen, 2006):

- (i) Como medir, estimar y monitorear la biodiversidad (o la biodiversidad de malezas)
- (ii) Cual es el apropiado tamaño de muestra y de las

dimensiones operacionales del sitio de muestreo, para comparar diferentes tipos de ecosistemas, diferentes sistemas de cultivo o sistemas de manejo de malezas?

(iii) Que especies o grupos de especies deben considerarse como indicadores para evaluar y monitorear la biodiversidad, o para evaluar la eficacia o el impacto de un sistema de control de malezas o de un herbicida?

(iv) Hay otras o más apropiadas características diferentes a la riqueza e índices de diversidad, que permitan desarrollar decisiones de manejo para el monitoreo o evaluación de las poblaciones de malezas?

Otras características incluyen atributos como (Dierssen, 2006):

(i) Si se trata de una especie nativa o introducida;

(ii) Estrategia de crecimiento, reproducción y forma de vida;

(iii) Estado hemeróbico (medida de la influencia humana en un ecosistema) que exprese el grado de impacto antropogénico;

(vi) la determinación de las características de especies raras y/o de aquellas que decrecen su frecuencia, como principal indicador de la disminución de la riqueza de especies.

Riqueza y flora de especies de malezas

De las cerca de 350 mil especies conocidas de plantas vasculares, y que pertenecen a unas 450 familias botánicas (www.interaktv.com/botany/plantfams.asp), apenas se han domesticado y cultivado por el hombre unas 3 mil. Holm *et al.* (1997), estiman a nivel mundial, entre 5 a 50 mil especies de plantas espontáneas asociadas con la actividad agrícola. Entre las obras mundialmente reconocidas como obras de referencia clásicas de la diversidad de malezas a nivel

mundial, están las magnificas publicaciones de Holm *et al.* (1977, 1979, 1997, "The World's Worst Weeds", "A Geographical Atlas of World Weeds", y "World Weeds", respectivamente). De acuerdo con estas publicaciones, unas 200 especies son las más importantes por su nocividad y carácter invasor, a nivel mundial.

La siguiente pregunta es, cual es la riqueza de malezas por país, por región, por tipo de cultivo y por campo cultivado? Muchas publicaciones se han producido para responder a esta pregunta, sin embargo, aún faltan muchos estudios de flora de malezas a nivel de los países en vías de desarrollo. La siguiente pregunta se refiere a: como ha cambiado la flora de malezas en el tiempo en las zonas agrícolas? Evidentemente han ocurrido cambios en la composición florística de malezas de los campos de cultivo, muchos de estos cambios se encuentran registrados en la literatura. Por ejemplo, hace tres o cuatro décadas no se registraban especies de la familia Brassicacea, que son importantes en el altiplano Cundiboyacense de Colombia (zonas altas de clima frío) comportándose como maleza en las zonas arroceras del centro del país (tierras bajas de clima cálido), y actualmente aparece con alguna frecuencia al menos una especie de esta familia. De manera similar, en el pasado la compuesta de género *Galinsoga*, especie frecuente en cultivos de clima frío y medio, no estaba presente en cultivos de caña de azúcar en el Valle del Cauca (región cálida), y en la actualidad se ha registrado su presencia.

Al considerar la definición clásica de maleza como "Planta fuera de lugar", el concepto de "maleza" es un concepto antropocéntrico, es decir, que se origina en las necesidades de los seres humanos. En la naturaleza no hay malezas, como tampoco desde el punto de vista taxonómico. Es un concepto ligado netamente a la producción agrícola. Por lo tanto, desde punto de vista taxonómico, desde algas hasta cualquier planta vascular podría comportarse y/o considerarse como una "maleza", bajo circunstancias

particulares. Se cita a continuación las divisiones en las que se encuentran agrupadas las plantas vasculares (Hole, 2007. <http://www.interaktv.com/botany/plantfams.asp>): *Psilotophyta* (*Pteridophytas*), *Equisetophyta*, *Polypodiophyta*, *Pinophyta* (Gimnospermas), *Magnoliophyta* (Angiospermas) Clases *Liliopsida* (Monocotiledóneas) y *Magnoliopsida* (Dicotiledóneas). La gran mayoría de plantas que interfieren o han interferido en algún momento con la actividad humana, pertenecen a las clases *Liliopsida* y *Magnoliopsida* de la división *Magnoliophyta*, y en particular, el mayor número de especies de malezas están concentradas en solo dos familias botánicas: Poaceae (monocotiledónea) y Asteraceae (dicotiledónea). Al revisar las publicaciones y bases de datos mundiales de floras de malezas o de identificación de malezas de muchos países, siempre las familias Poacea y Asteracea contienen el mayor número de especies de malezas. Sin embargo, se han registrado no pocos casos de plantas que se comportan como plantas indeseables de todas las otras divisiones. Los pinos por ejemplo, se constituyeron en plantas no deseadas en algunas localidades de las pampas Argentinas, o los helechos en los suelos ácidos de la zona cafetera de Colombia.

La riqueza y diversidad de malezas también se puede considerar desde otros puntos de vista, como los tipos de ecosistemas que son invadidos por estas especies; así, además de la flora de malezas asociada con sistemas de cultivos, otros sistemas tiene una flora de malezas particular, como los acuáticos, forestales, pastizales, urbanos, ruderales y naturales, entre otros.

Para obtener información sobre una planta, es necesario identificarla con su nombre científico, pues esta es la clave para encontrar la información que existe sobre ella. Desafortunadamente, la identificación correcta de plantas constituye un gran esfuerzo aún para un botánico profesional. Son numerosas las publicaciones, bases de datos y sitios web actualmente disponibles a nivel mundial, en

los que se encuentra información para el reconocimiento de estas plantas y/o de sus características biológicas y ecológicas. A nivel internacional, está "A global compendium of weeds" (http://www.hear.org/gcw/alpha_select_gcw.htm) (Randall, 2002). Randall (2002) recopiló cerca de 21,000 entradas, que comprenden aproximadamente 18,000 taxa de malezas y 2500 nombres alternos. Cada entrada comprende información como: Género, especie, autor, familia, nombres alternos (o sinónimos), nombre comunes en varios idiomas, estatus, referencias, forma de vida, toxicidad, origen, entre otros. Otra base de datos mundial es la base de datos de malezas de la FAO "Important Weed Species in Crops and Countries" (<http://www.fao.org/AG/AGP/AGPP/IPM/Weeds/DB.htm>). Recopila información de malezas de 59 países en vías de desarrollo. W³TROPICOS (<http://mobot.mobot.org/W3T/Search/vast.html>) es una base de datos del Missouri Botanical Garden, orientada a la nomenclatura de plantas, que permite verificar los nombres científicos. El sitio "Internet directory for botany: vascular plant families" (<http://herba.msu.ru/mirrors/www.helsinki.fi/kmus/botvasc.html>) permite encontrar numerosos sitios relacionados con descripción de familias, morfología, nomenclatura y otros aspectos de plantas vasculares-

En América Latina, sobresale la obra de Kissman (1991) y Kissman y Groth (1995), una obra formidable que recopila en tres volúmenes la flora de malezas de Brasil, y el sitio web en México "Malezas de México" (<http://www.conabio.gob.mx/malezasdemexico/2inicio/home-malezas-mexico.htm>); en este sitio, se encuentran fotografías de aproximadamente 900 especie y descripciones para cerca de 850 especies.

Beneficios de la flora de malezas

Deben tenerse en cuenta, además, los beneficios que este tipo de plantas traen a la agricultura: la vegetación espontánea es la base de la biodiversidad en los

agroecosistemas, ya que se constituyen en hospederas de numerosos enemigos naturales de las plagas, y ayudan en su control. Facilitan así restablecer en parte el equilibrio ecológico, roto al transformar el ecosistema original en un agroecosistema. Algunos ejemplos: la maleza *Brassica campestris* (mostaza silvestre) aumenta la eficiencia y actividad de la avispa parásita *Apanteles glomeratus*, la cual realiza un mejor control de la mariposa de la col (*Pieris* sp.). Las larvas de esta plaga son muy voraces y se alimentan de las hojas de otras crucíferas (coles, coliflores, etc.), a las que causan daños económicos importantes (Haramoto y Galland, 2005).

Malezas comunes en los campos como *Amaranthus retroflexus* (amaranto, bledo, moco de pavo) y *Chenopodium album* (cenizo), dan lugar también al aumento de depredadores de plagas como crisopas, mariquitas o los sírfidos, que controlan numerosas plagas insectiles.

Otros beneficios que se les pueden atribuir a las malezas tienen que ver con la protección de las fuentes de agua y la conservación del suelo al reducir la erosión, mejorar la estructura y estimular la actividad biológica del suelo. Moderan las condiciones adversas del clima, sirven como abono verde, aportando nutrientes y materia orgánica, proveen biodiversidad, albergando fauna benéfica (abejas, enemigos naturales de las plagas, etc.) y sirven de plantas trampa para algunas plagas. Con estas características, muchas especies de malezas son usadas en algunos campos para generar biodiversidad (Biodiversidad en Suiza, http://www.biodiversity.ch/information/biodiversity_in_switzerland/).

No puede desconocerse la participación de la flora espontánea en general, en el secuestro y drenaje del carbono atmosférico, con la consecuente contribución a reducir el efecto invernadero, uno de los problemas globales de mayor impacto sobre la humanidad (Martínez, 2005).

En principio y para áreas pequeñas, combatir las plantas nocivas es función que puede ejercerse con métodos individuales, puntuales y de bajo impacto, pero de poca eficiencia en cultivos de extensiones industriales. Apareció entonces la necesidad de desarrollar métodos masivos para el exterminio de especies indeseables: malezas, insectos y patógenos. Entre aquellos, es visible la oferta de equipos y compuestos químicos de alta efectividad inicial pero de gran impacto adverso sobre el suelo, el agua y las formas de vida espontánea. El uso repetido de un mismo método en el tiempo, determina, además, la pérdida de su eficacia. Métodos más actuales como el uso de cultivos transgénicos resistentes a herbicidas, implican una mayor presión de selección y por su puesto una disminución de la biodiversidad en los agroecosistemas. (Rissler y Mellon, 1996)

Al desechar especies originales por no encontrarles utilidad económica inmediata, y combatir las especies espontáneas consideradas nocivas se evidenció, en forma paulatina, la aparición de innumerables problemas colaterales poco o nada visibles al principio. Entre ellos cabe mencionar la pérdida de la biodiversidad, el surgimiento de plagas cada vez más difíciles de controlar y el empobrecimiento y deterioro de los suelos. Estos, en particular, obligaron a desarrollar métodos de fertilización química, cuyos resultados iniciales fueron también notorios pero que, de igual manera, pronto dejan ver sus limitaciones.

En la actualidad, en la medida en que tales problemas crecen, por fortuna crece también el conocimiento, igual que el nivel de concientización de la gente.

La mayoría de las zonas agrícolas son mosaicos de campos de cultivo, hábitats seminaturales, infraestructuras humanas (*e.g.* carreteras), y ocasionales hábitats naturales. Dentro de estas zonas, hábitats seminaturales lineales frecuentemente definen los bordes de los campos de cultivos, que albergan elementos muy diversos desde acuáticos hasta

ruderales y leñosos. Numerosos estudios han demostrado una gran variedad de interacciones entre los campos de cultivo y sus márgenes. Las operaciones agrícolas, tales como la fertilización y la aplicación de pesticidas, tienen efectos en la flora espontánea. Algunas especies de plantas que crecen en los márgenes, pueden introducirse a los campos de cultivo y tornarse malezas. Igualmente, también una fauna se encuentra asociada a estos márgenes, pero algunas especies pueden convertirse en plagas, mientras que muchas otras son benéficas, ya sea como polinizadoras o predatoras. La biodiversidad de los márgenes puede ser de particular importancia para el mantenimiento de especies a un alto nivel trófico en las zonas agrícolas, notablemente de aves. Adicionalmente, los márgenes contribuyen a la sostenibilidad de la producción agrícola, acrecentando las especies benéficas en los campos de cultivo y eventualmente, reduciendo el uso de plaguicidas. En el noreste de Europa, se han introducido una variedad de métodos para incrementar la diversidad en los bordes de los lotes de cultivo, entre ellos, la siembra en bandas de gramíneas y plantas con flores; el impacto de estas en la flora de malezas y en las poblaciones de artrópodos indican que los efectos son en general favorables; sin embargo los conflictos existen, notablemente para la conservación de especies de malezas agrícolas raras (Marshall y Moonen, 2002).

En resumen, la lista de los beneficios que aportan las malezas es larga, hecho que ya ha sido ilustrado por muchos autores.

Origen de las malezas

En cuanto al origen de las malezas presentes en países de América Latina, unas son nativas y otras son foráneas o introducidas. Algunos ejemplos son los siguientes: De Asia tropical y de la India en particular, proceden entre otras, las siguientes especies: *Rottboellia cochinchinensis*, *Cyperus rotundus*, *Leptochloa* sp.; *Echinochloa colona* y *Eleusine*

indica. De Europa provienen algunas especies de los géneros *Digitaria*, y *Setaria*. Del Mediterráneo y Asia Menor procede *Sorghum halepense*. De África, *Cynodon dactylon* y *Portulaca oleraceae*. América tropical es sitio de origen de especies de los géneros *Ipomoea*, *Euphorbia*, *Amaranthus*, entre otros (Rodríguez-Tineo, 2000). En algunas de las bases de datos que se encuentran en la Web, se incluyen el sitio de origen de las especies.

Situación actual y algunas soluciones propuestas

Según estadísticas del año 2004, del total de la tierra se protege sólo el 6,1% (McNeely y Scherr, 2003); un 75% de las tierras arables están dedicadas a algún tipo de explotación agropecuaria (Vandermeer y Perfecto, 2005), lo cual contribuye en una alta proporción a la pérdida de la biodiversidad. Sin embargo, en la actualidad se incorpora dentro de los planes de protección de la biodiversidad, algunos ecosistemas agrícolas de bajo impacto ambiental bien implementados. Estos planes consisten en explotar un cierto porcentaje de la tierra con agricultura, y otro porcentaje de hábitat prístino se mantenga protegido, entonces la preservación de ambos usos de la tierra en combinación, puede contribuir a la capacidad del planeta para mantenernos a flote.

Con el fin de proteger la biodiversidad, se puede argumentar que se necesita incorporar el manejo de la protección ambiental a las áreas agrícolas. Porque si se continua con el uso inapropiado de la tierra, los recursos se van a agotar y se destruirá cada vez mas rápido la biodiversidad. El hecho de incorporar las tierras agrícolas en programas de preservación de la biodiversidad, es importante ya que algunas áreas agrícolas con árboles pueden proteger tanta biodiversidad como los bosques aledaños y, a la vez, proveer otros beneficios necesarios para el funcionamiento apropiado de los ecosistemas (García-Barríos, 2003; Perfecto y Armbrrecht, 2003).

Los sistemas agrícolas que incluyen especies que difieren en el número de plantas de cultivo y en la estructura de la vegetación, pueden ser puestos a lo largo de un gradiente de intensificación, desde áreas donde los cultivos crecen bajo un dosel de bosque natural (agroforestería) hasta áreas manejadas intensamente con un solo tipo de planta (monocultivo) (Swift. *et al*, 1996).

Un objetivo importante a considerar, es evaluar y obtener datos, de la variabilidad espacialmente definida de la riqueza de especies de malezas dentro de, entre y en los márgenes de los sistemas de cultivos, que permitan derivar predicciones de la dinámica y funciones de los sistemas, con el fin de mejorar las decisiones, conceptos de manejo y estrategias, con base en programas informáticos (computer-based documentation -CBD- software) a nivel local y regional (Dierssen, 2006).

Literatura consultada

ALTIERI, M.; NICHOLLS. C. L. **Biodiversity and Pest Management in Agroecosystem**. 2nd ed. New York: Food Products Press-Haworth Pres, 2004.

Büchs, W. 2003. Biodiversity and agri-environmental indicators—general scopes and skills with special reference to the habitat level. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, Amsterdam, v. 98, p. 35-78, 2003.

García-Barrios, L. 2003. Plant-plant interactions in tropical agriculture. In: VANDERMEER, J. H. (Ed.). **Tropical Agroecosystems**. Boca Raton: CRC Press. 2003. p. 11-58.

GRESSER, C.; TICKELL, S. **Mugged: Poverty in your cup**. Washington, DC: Oxfam International, 2002.

HARAMOTO, E. R.; GALLANDT, E. R. **Brassica cover cropping: I. Effects on weed and crop establishment**. *Weed Science*, Ithaca, v. 53, p. 695-701, 2005.

Hole JR., R. B. **The Vascular Plant Families**. BiologyBase, 2005-2007. Disponível em: (<http://www.interaktv.com/botany/plantfams.asp>)

HOLM, L. R.; PLUCKNETT, D.; PANCHO, J.; HERBERGER, J. **The world's worst weeds: Distribution and biology**. Honolulu: University of Hawaii, 1977.

HOLM, L. R.; PANCHO, J.; HERBERGER, J.; PLUCKNETT, D. **A geographical atlas of world weeds**. New York: J. Willey, 1979.

HOLM, L. R.; DOLL, J.; HOLM, E.; PANCHO, J.; HERBERGER, J. **World Weeds: Natural Histories and Distribution**. New York: J. Willey, 1997.

KISSMAN, K. G. **Plantas infestantes e nocivas**. São Paulo: BASF Brasileira, 1991. t.1.

KISSMAN, K. G.; GROTH, D. **Plantas infestantes e nocivas**. São Paulo: BASF Brasileira, 1995. t.2, t.3.

MARSHALL, E. J. P.; MOONEN, A. C. Field margins in northern Europe: their functions and interactions with agriculture. **Agriculture, Ecosystems and Environment**, Amsterdam, v. 89, p. 5-21, 2002.

MARTÍNEZ, C. A., 2005. Impacto de la fotosíntesis sobre los cambios climáticos globales. **Revista Comalfi**, Bogota, v. 32, n. 1, p. 7-17, 2005.

MCNEELY, J. A.; S. J. SCHERR, S. J. **Ecoagriculture: Strategies to feed the world and save wild biodiversity**. Washington, DC: Island Press, 2003.

PERFECTO, I.; ARMBRECHT, I. 2003. Technological change and biodiversity in the coffee agroecosystem of northern Latin America In: VANDERMEER, J. (Ed.). **Tropical Agroecosystems**. Boca Raton, FL: CRC Press, 2003. Cap. 6, p.159–194.

Randall, R. **A global compendium of weeds**. Melbourne: RG & FJ Richardson, 2002. 906 p.

RISSLER, J.; MELLON, M. **The ecological risks of engineered crops**. Cambridge: MIT Press, 1996

RODRÍGUEZ-TINEO, E. Protección y Sanidad Vegetal. Combate y control de malezas. In: FONTANA, H.; GONZÁLEZ, C. (Comp.). **Maíz en Venezuela**. Caracas: Fundación Polar. Caracas, 2000.

SHANNON, C. E. A mathematical theory of communication. **Bell System Technical Journal**, v. 27, p. 379–423, 623–656, 1948.

SHANNON, C .E.; WEAVER, W. **The Mathematical Theory of Communication**. Urbana: University of Illinois Press, 1963, 117 pp.

SOINI, K.; AAKKULA, J. 2007. Framing the biodiversity of agricultural landscape: The essence of local conceptions and constructions. **Land Use Policy**, New York, v. 24, p. 311-321, 2007

STUGREN, B. **Gnmdlagen der Allgemeinen Ökologie**. 3. ed. Jena: VEB Gustav Fischer 1978..

SWIFT, M. J.; VANDERMEER, J.; RAMAKRISHNAN, P. S.; ANDERSON, J. M.; ONG, C. K.; HAWKINS. B. A. Biodiversity and agroecosystem function. In: MOONEY, H. A.; CUSHMAN, J.; MEDINA, E.; SALA, O.; SCHULZE, E. (Ed.). **Functional Roles of Biodiversity: A Global Perspective**. New York: J. Wiley, 1996. p. 261-298.

VANDERMEER, J.; PERFECTO, I. 2005. The future of farming and conservation. **Science**, Washington, v. 308, p. 1257–1258, 2005.

WIENER, N. **Cybernetics**. 2nd.ed.. New York: Massachusetts Institute of Technology. 1961.

YLISKYLÄ-PEURALAHTI, J. Biodiversity—a new spatial challenge for Finnish agri-environmental policies. **Journal of Rural Studies**, New York, v. 19, p. 215–231, 2003.

<http://www.biodiv.org/>. The Convention on Biological Diversity.

http://www.biodiversity.ch/information/biodiversity_in_switzerland/. Biodiversidad en Suiza.

<http://www.fao.org/AG/AGP/AGPP/IPM/Weeds/DB.htm>. Important Weed Species in Crops and Countries.

http://www.hear.org/gcw/alpha_select_gcw.htm. A Global Compendium of Weeds.

<http://mobot.mobot.org/W3T/Search/vast.html>. W³TROPICOS.

<http://www.conabio.gob.mx/malezasdemexico/2inicio/home-malezas-mexico.htm>. Malezas de México.

http://www.gardenorganic.org.uk/organicweeds/weed_information/weedtype.php?id=-3

<http://herba.msu.ru/mirrors/www.helsinki.fi/kmus/botvasc.html>. Internet directory for botany: vascular plant families.

Invasive Plants and Weed Biodiversity

Jerry Doll

University of Wisconsin, Department of Agronomy 1575 Linden Drive,
Madison, WI 53706 USA.

ABSTRACT. Invasive plants often displace some or many other species, decreasing the biodiversity of infested areas. Most consider the loss of biodiversity as a serious human, ecological, environmental and human loss and efforts to curtail the spread of invasive plants should be encouraged world wide. The impacts of the loss of biodiversity are difficult at best to quantify but most people believe that biodiversity preservation is of great importance and any spatial, or worse, temporal loss of one or more indigenous species is detrimental to a healthy and holistic environment. Globalization of trade and tourism has increased the risk of exotic species reaching new territories. Weed scientists have much to offer in the fight to prevent, contain and control exotic species. We have well trained classroom and public educators, researchers and problem solvers for both natural and agricultural systems who can and are focusing attention on invasive plants. We can help those with great enthusiasm, concern and energy regarding invasive plants to make real-world plans and decisions that are practical, safe, economical and fruitful. We should strive to be engaged with others in this interesting dimension of weed science and management.

A Brief Review of and Comments on Invasive Plants and Weed Biodiversity. Invasive plants are non-native species that arrive in a new region, become established, adapt and spread into new areas, often displacing indigenous plant species. In addition to economic, environmental, health and aesthetic impacts, invasive plants can cause biodiversity losses. The USA has many thousand species of introduced plants. Of these, the great majority are used as food and fiber crops, ornamental and medicinal plants, forage species,

etc. with great economic value. President Thomas Jefferson, our third president, was one of the early promoters of new plant introductions, saying "The greatest service which can be rendered to any country is to add a useful plant to its culture." Parenthetically, does it then follow that the greatest disservice one could do is to introduce a non-useful (such as invasive plants) into a country? We have learned much about assessing risks and benefits of species introduction since the early 1800s and one of the newer risks is that of the loss of biodiversity.

The area of invasive plants is new to many weed scientists. Anyone who wants an excellent presentation on the background, concepts, processes and impacts and more on plant invasion should read the chapter by this title in the book, "Weed Ecology in Natural and Agricultural Systems" by Booth et al. (2003). It is comprehensive, current and very readable and gives an excellent backdrop to understanding the issues of plant invasiveness.

While many agricultural weeds are exotic, we generally tend not to associate the term "invasive" with the weeds found in agricultural systems but rather to those invading plants in forests, natural areas, roadsides, parks, preserves, wetlands, aquatic habitats, non-disturbed sites, etc. Invasive plants are not generally associated with cropland because the goal in these highly managed systems is the near elimination of all but one (grain, fiber, fuel) or a few (forages and rangelands) species. In other words, the goal of agricultural weed management is precisely to reduce biodiversity. For example, in glyphosate resistant soybean (*Glycine max*) or maize (*Zea mays*) the weed management goal is to eliminate all species except the crop (interestingly soybean and maize are non-native to both Brazil and the USA), regardless of whether they are indigenous or foreign to our region. The use of highly effective and often multiple control tactics over long periods of time by farmers will most likely reduce biodiversity within these fields. Froud-Williams (1997) clearly saw this when he stated "Arable

ecosystems are more likely to suffer reduced biodiversity as a consequence of agricultural intensification rather than invasion per se." Barlow (2007) is even more emphatic on this point. "The irony in the war on invasive plants is that agrarian civilization has done more to displace native species than any of the listed invasive plants could ever hope to do."

Weed scientists have argued over the value, if any, of maintaining weed biodiversity in agricultural systems. On one extreme is the view that "the only good weed is a dead weed" which would strive to permanently eliminate all weedy species from fields. Others believe that maintaining a mixture of species via seed or vegetative propagules in arable land is desirable, not for agricultural purposes perhaps, but for larger ecological and wildlife benefits. To that end, Storkey and Cussans (2007) attempted to maintain low weed densities in winter wheat (*Triticum aestivum*) in the United Kingdom. Fifteen weed species were tested over two years in an attempt to achieve both in-field biodiversity (weeds and crop) and efficient wheat production. The risk of significant crop yield loss obviously increases with this strategy and farmer acceptance of increased risk is most unlikely unless the species with biodiversity value are also relatively poor competitors.

Another way to achieve the goal of biodiversity on the landscape is to balance intensive agricultural production with designated wildlife areas rich in native plant species (Storkey and Westbury, 2007). Government subsidized programs to promote and protect wildlife habitat (highly diverse habitats) are in place in several countries. In the USA, the Natural Resource Conservation Service of the US Department of Agriculture manages several programs that give financial payments to land managers to achieve conservation goals. In recent years, this includes subsidizing efforts to restore wildlife habitats. In Wisconsin (north central USA), a key targeted invasive species is reed canarygrass (*Phalaris arundinacea*), an introduced forage

grass adapted to wet soils. In addition to being an important forage grass, this species now infests 1000s of hectares of stream bank and wetland habitats where it has displaced nearly all other plant species. State and Federal agencies are cooperating to develop comprehensive plans that incorporate cultural, mechanical and chemical approaches to greatly reduce the canarygrass infestations and then reestablish a mix of desired forbs, sedges and subsequently grasses that can regain their dominance in wetland habitats.

The impacts of the loss of biodiversity are difficult at best to quantify but most people believe that biodiversity preservation is of great importance and any spatial, or worse, temporal loss of one or more indigenous species is detrimental to a healthy and holistic environment. Biodiversity losses include species reductions in fauna as well as flora (Grice, 2006) and also encompass soil biota (Chen-Huili et al., 2005). We need to recognize that some of the associations between introduced plants and other organisms can be positive. A review and research by Altieri et al. (1977) noted numerous examples of beneficial interactions between cropland weeds and insects and proposed exploring ways to incorporate weeds into pest management strategies.

While Australian rangelands are extensive, they are also frequently monitored. Observations suggest that four native plant species are now extinct due to "environmental weed" invasion (Groves and Willis, 1999). These authors observed that "Of the various threats to native plant biodiversity, we conclude that increasing fragmentation of natural areas is a major factor that allows weeds to establish and dominate and thereby threaten still further the continued existence of native plant species and the Australian ecosystems in which they occur."

How rapidly do new invaders appear? Of course this varies with a myriad of factors. Most believe that the globalization of world trade and tourism has enhanced the movement of

exotic species (both by design and accident). Thankfully most countries no longer have an open door policy on plant introductions. However, Mother Nature has her own mechanisms to achieve benefits from species movement, regardless of the efforts of humans slow or halt the process.

An interesting review of new plant appearances in the state of Illinois, central USA, found that between 1803 and 1978, an average of 4.6 new species per year were reported (Henry and Scott, 1981). From 1956 to 1978, the average was 9.4 species per year, indicating an increase in the rate of exotic species introductions in modern times. Interestingly, 29% of the Illinois flora in 1980 was exotic and these species covered at least 80% of the land area, primarily as grain crops and pastures. On the Doll Family farm in southwestern Illinois, I observed the arrival of 10 new weed species during a 50-year period (Doll, 2007).

Can biodiversity be regained? The answer is “yes, but....” Yes, we can do it. But do we have the human, economic and other resources available? Careful site-by-site assessment is the starting point. When invasive species occupy large areas of land, complete recovery of biodiversity is unrealistic. However, reversal of species loss in small areas, particularly when the invasion is detected soon after it happens, can be accomplished. Those who desire more information on this should search the topic “restoration ecology” and similar terms.

In the North Central region of the USA, the European invader garlic mustard (*Alliaria petiolata*) is well beyond eradication in the vast shaded areas of forests and woodlands where it has displaced nearly all herbaceous species. However, dedicated volunteers working on public lands and diligent land owners have reclaimed many infested sites and reintroduced desired species. A personal example of converting land from an exotic species to native plants occurred in my lawn. We converted an area that was predominately Kentucky bluegrass (*Poa pratensis*) to wild

flowers, forbs and native grasses. The site had been a well maintained lawn for more than 20 years. Nevertheless, the abundance and diversity of invasive weeds was amazing and required hours of manual labor to ensure the successful establishment and dominance of desired species. After four years, the prairie grass area is nearly stable and desired species now predominate. The wild flower and forb area requires annual maintenance, suggesting either that we do not have the right mix of native species or that the invasive plant seedbank is still so large that more time is needed before the desired species will predominate without my help.

You will find some who seriously question the wisdom of trying to reverse the change from native to non-native species. For example, Harvard University landscape architecture lecturer Del Tredici (2004) questions whether restoration is wise. *“What’s striking about this so-called restoration process is that it looks an awful lot like gardening, with its ongoing need for planting and weeding. So the question becomes: Is “landscape restoration” really just gardening dressed up with jargon to simulate ecology, or is it based on scientific theories with testable hypotheses? To put it another way: Can we put the invasive species genie back in the bottle, or are we looking at a future in which nature itself becomes a cultivated entity?”* As with any issue, a variety of opinions certainly exist.

It amazes me to see how rapidly the weed science community at large has embraced the issue of invasive plants. This is reflected in how often invasive plants are in the limelight today. Of course some have always fought “noxious” weeds and many countries have a long history of weed laws, prohibitions and quarantines. But now the issue is the center of attention in many circles. For example, the Weed Science Society of America (WSSA) recently teamed up with the Ecological Society of America and hosted a major symposium on invasive plants in natural and managed system (the proceedings are published in *Weed Technology*, vol. 18, p. 1180-1587, 2004). The WSSA will launch a

new journal on Invasive Plant Science and Management in 2008 and the society's January 2008 newsletter contained the words "invasive" or "invasiveness" no less than 68 times. A similar search of the April 2005 Newsletter, found 22 occurrences of these words.

Some question whether the significant focus on exotic plants is justified. They point out that native plants can be invasive as well as imported species and that invasion is simply a normal aspect of nature. Perhaps the spread of not overly invasive exotic species actually enhances biodiversity and introduced plants might be better adapted in certain habitats to prevent erosion, provide wildlife habitat, recycle nutrients, etc. than native species.

Nevertheless, most people who ponder the impacts of exotic plants in new areas believe the risk of negative impacts far outweighs the likelihood of beneficial outcomes. For species known to degrade environmental, human or social quality of life, efforts should not only continue but increase to limit their spread and to regain lost territory. For species that still offer potentially significant benefits if introduced into new areas, a risk-benefit assessment, test plantings, detailed monitoring, and appropriate interpretation of and response to plant behavior must be carefully planned and implemented.

Weed scientists have much to offer in the fight to prevent, contain and control exotic species. We have well trained classroom and public educators, researchers and problem solvers for both natural and agricultural systems who can and are focusing their attention on invasive plants. We can help those with great enthusiasm, concern and energy regarding invasive plants to make real-world plans and decisions that are practical, safe, economical and fruitful. Funding opportunities are appearing to support active research and outreach programs on invasive plants. We should strive to be engaged with others in this interesting dimension of weed science and management.

Keywords: indigenous; native, non-native; restoration; weeds

Literature Cited

Altieri, M.A., Van Schoonhoven, A., Doll, J. The ecological roles of weeds in insect pest management systems: A review illustrated by bean (*Phaseolus vulgaris*) cropping systems. *Pest Articles and News Summaries*. Vol.23. p.195-205. 1997.

BARLOW, R. Re-thinking invasive plants. Disponível em : <http://www.prodigalgardens.info/rethinking%20invasive%20plants.htm>.

BOOTH, B. D.; MURPHY, S. D.; SWANTON, C. J. Plant invasions. In: BOOTH, B. D.; MURPHY, D.; SWANTON, J. C. **Weed ecology in natural and agricultural systems**. Cambridge: CABI, 2003. Cap. 13, p. 235-253.

CHEN-HUILI; LI-YUJUAN; LI-BO; CHEN-JIAKUAN; WU-JIHUA. Impacts of exotic plant invasions on soil biodiversity and ecosystem processes. **Biodiversity Science**, Beijing, v. 13, p. 555-565, 2005.

DEL TREDICI, P. Neocreationism and the illusion of ecological restoration. **Harvard Design Magazine**, Cambridge, v. 20, p.1-4, 2004.

DOLL, J. D. 50 years of weed changes on the home farm. **North Central Weed Science Society Proceedings**, Champaign, v. 62. n. 185. Disponível em: <http://www.ncwss.org/>

FROUD-WILLIAMS, R. J. Invasive weeds: Implications for biodiversity. *Biodiversity and conservation in agriculture*. **BCPC Symposium Proceedings**, Brighton, v. 69, p. 41-52, 1997.

GRICE, A. C. The impacts of invasive plant species on the biodiversity of Australian rangelands. **Rangeland Journal**, Cottesloe, v. 28, p. 27-35, 2006.

GROVES, R. H.; WILLIS, A. J. Environmental weeds and loss of native plant biodiversity: Some Australian examples. **Australian Journal of Environmental Management**, Melbourne, v. 6. p.164-171, 1999.

HENRY, R. D.; SCOTT, A. R. Time of introduction of the alien component of the spontaneous Illinois vascular flora. **American Midland Naturalist**, Notre Dame, v. 106, p. 318-324, 1981.

STORKEY, J.; CUSSANS, J. W. Reconciling the conservation of in-field biodiversity with crop production using a simulation model of weed growth and competition. **Agriculture Ecosystems and Environment**, Amsterdam, v. 122, p. 173-182, 2007.

STORKEY, J.; WESBURY, D. B. Managing arable weeds for biodiversity. **Pest Management Science**, Sussex, v. 63, p. 517-523, 2007.

Modelos de Estudos da Biodiversidade de Plantas

Jeanine Maria Felfili¹; Maria Cristina Oliveira²

¹Universidade de Brasília-Laboratório de Manejo Florestal-Centro de Referência em Conservação da Natureza e Recuperação de Áreas Degradadas.

CP 04357- Departamento de Engenharia Florestal, 70 919 970

Brasília, DF, felfili@unb.br; ²Pós-graduanda

Vegetações de natureza distinta requerem a adoção de metodologias apropriadas que reflitam suas características morfológicas e estruturais (Felfili *et al.* 2001). Muitas das variáveis utilizadas em inventários florestais foram desenvolvidas para ambientes temperados de modo que se torna necessário decidir onde e como mensurar para obter resultados compatíveis com a base metodológica adotada. A grande maioria dos inventários tem sido realizada em vegetação natural buscando quantificar o volume, biomassa, carbono e outros parâmetros de produção (Alder & Synnot 1992) de modo que processos que ocorrem em nível espacial e temporal como a regeneração natural, a sucessão, têm sido, em geral, avaliados ou na escala temporal ou espacial de forma segmentada.

A natureza está sempre em mudança e mesmo dentro de um mesmo tipo de vegetação, encontra-se um mosaico sucessional que se alterna no tempo e espaço, apresentando características diferenciadas. A vegetação secundária que repovoa uma área após o abandono (regeneração natural), pode percorrer qualquer caminho no sentido de maturidade, condicionada por fatores ou causa externas que interagem para exercer um papel chave na recuperação de área tais como: precipitação, altitude, uso anterior da terra, fertilidade do solo e proximidade da fonte de sementes (Howorth & Pendry 2006).

A matriz do entorno, com a presença de espécies invasoras exóticas é um fator que acelera o processo de sucessão até mesmo provocando a conversão de uma área perturbada em uma colônia de vegetação exótica. No Brasil central, espécies de Poaceae como *Brachiaria* (*Urocloa Para*

decumbens), Capim Meloso (*Minutis minutifolia*) estimuladas pela fragmentação da vegetação natural e pelo fogo transformam até mesmo unidades de conservação em “queijos suíços” ou seja, uma matriz de vegetação natural com muitas manchas completamente dominadas por vegetação exótica invasora que se expandem pela abertura de trilhas e estimuladas pelas queimadas e pelas clareiras (Felfili 1997). Estes ambientes já estão se tornando parte da paisagem de vastos territórios em nível mundial. Nesse contexto, uma larga matriz de vegetação natural com pequenas “ilhas de vegetação exótica” é outra condição pouco considerada nos métodos e modelos de amostragem de vegetação.

Na escala espacial, as amostragens para analisar a diversidade florística, a estrutura, os parâmetros de produção da vegetação em geral, pautam-se pelo uso unidades amostrais tanto de área fixa (mais comumente usado) como de área variável e por métodos que variam do aleatório ao sistemático. Na escala temporal, são utilizados inventários repetidos em parcelas permanentes (mais comumente usados), em parcelas temporárias ou em um sistema misto onde parte das parcelas são permanentes e parte são temporárias. Em estudos de gradientes ou de diferentes estágios de distúrbios, métodos estratificados onde amostras são dispostas nas diferentes condições e comparadas aceleram o ritmo das análises de dinâmica.

A eficiência na amostragem de uma vegetação é altamente dependente dos métodos empregados, por isso, o tipo de amostragem deve ser determinado de acordo com a natureza dos organismos e o contexto da vegetação a ser amostrada. Dentre os procedimentos é fundamental definir: O **universo amostral**, ou seja, o espaço delimitado ou área de interesse do estudo onde será realizada a amostragem e trecho para o qual os seus resultados podem ser extrapolados; a **amostra**, ou seja, o conjunto de unidades amostrais; a **unidade amostral**, que representa a fração mínima representativa de estudo e que pode ter área **fixa** –

parcelas ou faixas, ou **variável** – pontos quadrantes, pontos de Bitterlich (Felfili et al. 2005).

Para as unidades amostrais de área fixa ou parcelas o tamanho varia em função da estrutura da vegetação. Para a parcela ser representativa deve englobar as variações florísticas e estruturais da vegetação. Não deve ser muito grande de modo que dificulte a existência de repetição e a orientação dentro da mesma, nem muito pequena de modo que não abranja a variação florístico-estrutural da vegetação. Sua forma deve variar conforme o ambiente a ser amostrado e o seu contexto relativo ao entorno. Em geral, as parcelas podem ser retangulares (maior efeito de borda, mais alongada, pode captar mais os efeitos dos gradientes, pode facilitar a orientação dos trabalhadores nas parcelas), quadradas (maior área interna protegida do efeito de borda) ou circulares (para um mesmo perímetro engloba maior área), Felfili et al. (2005). Na adoção de métodos de área variável, deve-se definir a distância entre pontos quadrantes pelo mesmo princípio, esta pode ser calculada pela fórmula que considera o espaçamento entre plantas (Martins 1979, Silva-Júnior 1984).

Quanto ao método de amostragem, entre a amostragem aleatória simples, onde todas as unidades amostrais tem a mesma chance de ocorrência e a amostragem sistemática onde a localização das parcelas é determinada para cobrir gradientes ambientais existem métodos com alguma restrição a aleatorização como a amostragem estratificada onde é feito um zoneamento da área de estudo, determinadas as diferenças possíveis de serem mapeadas, a área é dividida em porções homogêneas e a amostragem é feita em cada porção e posteriormente é feita uma média ponderada para os resultados quantitativos. Outro método de interesse para amostragem de áreas em diferentes estágios sucessionais é o método em dois estágios ou conglomerados onde grandes áreas ou áreas complexas podem ser divididas em blocos maiores e dentro desses blocos faz-se uma subamostragem (Phillips 1994).

Para amostragem de regeneração natural e de estrato herbáceo, componentes onde em geral se encontram as plantas invasoras, a amostragem sistemática, a amostragem em dois estágios e a amostragem estratificada tem sido utilizada com adaptações a cada condição.

Na amostragem de regeneração natural em matas de galeria esta amostragem comprovou-se eficiente para detectar padrões entre áreas perturbadas e não perturbadas.

Na amostragem do estrato herbáceo, Munhoz et al. 2008. A cobertura pelo estrato herbáceo tem sido um importante parâmetro na avaliação da dinâmica da vegetação herbácea e invasora (Yourkonis et al. 2005).

Dentre vários estudos com vegetação secundária verifica-se uma adaptação dessas metodologias conforme a condição ambiental e os objetivos que podem ser sumarizados na análise da diversidade e estrutura e na análise de processos.

Para analisar diversidade e estrutura, a maioria dos métodos têm usado parcelas de áreas fixas, com subparcelas de diferentes tamanhos para analisar os diferentes estágios de estabelecimento da vegetação arbórea (Felfili 1997) e a vegetação herbácea (Filgueiras et al. 1998, Munhoz et al. 2008). Para analisar processos, a maioria dos estudos tem-se utilizado de parcelas permanentes (Felfili 1997) ou amostrados áreas com histórico conhecido de perturbações com diferentes idades de regeneração (Alves et al. 2006, Oliveira et al. 2006, Sampaio et al. 2007) ou diferentes impactos (Howorth & Pendry 2006) e níveis de infestação por espécies invasoras (Pegado et al. 2006) e suas interações em várias escalas (Lake & Leishman 2004, Bellingham 2005). Além da medição de variáveis alométricas que indicam crescimento e da identificação de espécies, alguns mecanismos como modos de dispersão tem sido também analisados assim como comparações em escala temporal entre as comu-

nidades adultas e de regeneração natural Medeiros et al. 2007.

Agradecimentos

CNPq pelo apoio contínuo ao projeto de Inventário Contínuo e pelas bolsas.

Referências Bibliográficas

AGUIAR, F.C.; FERREIRA, M. T.; ALBUQUERQUE, A. Patterns of exotic and native plant species richness and cover along a semi-arid Iberian river and across its floodplain. **Plant Ecology**, Dordrecht, v. 184, p. 189 –202, 2006.

ALDER, D.; SYNNOT, T. J. **Permanent sample plot techniques for mixed tropical forest..** Oxford: Forestry Institute, University of Oxford, 1992. (Tropical Forest Papers, 25)

ALVES, L. F.; METZGER, J. P. A regeneração florestal em áreas de floresta secundária na reserva Florestal do Morro Grande, Cotia, SP. **Biota Neotropica**, Campina Grande, v. 6, p.1-26, 2006.

BELLINGHAM, P. J.; TANNER, E. V. J.; HEALEY, J. R. Hurricane disturbance accelerates invasion by the alien tree *Pittosporum undulatum* in Jamaican montane rain forests. **Journal of Vegetation Science**, Knivsta, v. 16, p. 675-684, 2005.

DALLMEIER, F.; COMISKEY, J. A. (Ed.). **Forest biodiversity in North, Central and South America, and Caribbean:** research and monitoring. Paris: UNESCO, 1998. p. 633-648. (Man and the biosphere series, v. 21).

FELFILI, J. M. Dynamics of the natural regeneration in the Gama gallery forest in central Brazil. **Journal of Tropical Ecology**, New York, v. 91, p. 235-245, 1997.

FELFILI, J. M.; SILVA-JÚNIOR, M. C (Org.). **Biogeografia do bioma Cerrado: estudo fitofisionômico da Chapada do Espigão Mestre do São Francisco**. Brasília, DF: Universidade de Brasília, Departamento de Engenharia Florestal, 2001.

FELFILI, J. M.; CARVALHO, F. A.; HAIDAR, R. F. **Manual para o monitoramento de parcelas permanentes nos biomas cerrado e pantanal**. Brasília, DF: Departamento de Engenharia Florestal, Universidade de Brasília, 2005.

FILGUEIRAS, T. S.; FELFILI, J. M.; SILVA-JÚNIOR, M. C.; NOGUEIRA, P. E. Floristic and structural comparison of cerrado (*sensu stricto*) vegetation in central Brazil. In:

HOWORTH, R. T.; PENDRY, C .A. Post-cultivation secondary succession in a Venezuelan lower montane rain forest. **Biodiversity and Conservation**, London, v. 15, p. 693-715, 2006.

LAKE, J.C.; LEISHMAN, M. R. Invasion success of exotic plants in natural ecosystems: the role of disturbance, plant attributes and freedom from herbivores. **Biological Conservation**. v. 117, p. 215-226, 2004.

MEDEIROS, M. M.; FELFILI, J. M.; LIBANO, A. M. Comparação florística e estrutural dos estratos de regeneração e adulto em cerrado *sensu stricto* no Brasil Central. **Cerne**, Lavras, v.13, p. 291-198, 2007.

MUNHOZ, C. B. R.; FELFILI, J. M.; RODRIGUES, C. Species-environment relationship in the herb-subshrub layer of a moist Savanna site, Federal District, Brazil. **Brazilian Journal of Biology**, São Carlos, v. 68, p. 631-637, 2008.

OLIVEIRA, F. X.; ANDRADE, L. A.; FÉLIX, L. P. Comparações florísticas e estruturais entre comunidades de Floresta Ombrófila aberta com diferentes idades, no município de Areia, PB, Brasil. **Acta Botanica Brasilica**, Brasília, DF, v. 20, p. 861-873, 2006.

PEGADO, C. M.; ANDRADE, L. A.; FÉLIX, L. P.; PEREIRA, I. M. Efeito da invasão biológica de algaroba – *Prosopis juliflora* (Sw.) DC. sobre a composição e a estrutura do estrato arbustivo-arbóreo da caatinga no Município de Monteiro, PB, Brasil. **Acta Botanica Brasilica**, Brasília, DF, v. 20, p. 887-898, 2006.

PHILLIPS, M. S. ***Measuring trees and forests***. 2. ed. Oxford: CAB International, 1994. 310 p.

SAMPAIO, A. B.; HOLL, K. D.; SCARIOT, A. Regeneration of seasonal deciduous forest tree species in long-used pastures in Central Brazil. **Biotropica**, Washington, v. 39, p. 655-659, 2007.

YURKONIS, K. A.; MEINERS, S. J.; WACHHOLDER, B. E. Invasion impacts diversity through altered community dynamics **Journal of Ecology**, Oxford, v. 94, p. 1053–1061, 2005.

Palavras-chaves: Sucessão, diversidade, crescimento, inventário

key words: Succession, diversity, growth, inventory

Capítulo 4

Plantas Daninhas Aquáticas

Manejo de Plantas Aquáticas em Reservatórios de Hidrelétricas no Brasil

Robson Hitoshi Tanaka

CPFL Geração de Energia S/A. Rodovia Campinas - Mogi-Mirim km 2,5 -
13088-900 - Campinas - SP

Introdução

A energia elétrica é um insumo fundamental para produção de grande parte dos bens produzidos em qualquer economia desenvolvida. O setor elétrico brasileiro é caracterizado pelo predomínio da geração hidrelétrica: aproximadamente 75% de toda a energia elétrica produzida no Brasil é gerada por meio de usinas hidrelétricas. O restante da produção é gerada por usinas termelétricas que utilizam gás natural, diesel, óleo combustível, carvão vegetal ou mineral, madeira ou combustível nuclear.

Em 2007, o Brasil possuía 1.673 empreendimentos de geração de energia elétrica em operação, num total de 100.254.938 kW de potência. Considerando-se apenas os empreendimentos hidrelétricos (662), 214 eram Centrais Geradoras Hidráulicas (com até 1 MW de potência), 290 eram Pequenas Centrais Hidráulicas (até 30 MW de potência) e 158 Usinas Hidrelétricas (com mais de 30 MW), sendo responsáveis por 12% da hidroeletricidade produzida do planeta (Ministério de Minas e Energia, 2007).

As 116 usinas hidrelétricas em operação em operação em 2005 possuíam área de reservatórios de 36.847,64 km², o que representava 0,4% do território nacional. Segundo a previsão dos estudos do Plano Decenal 2006-2015, para a formação de reservatórios dos novos empreendimentos serão alagados 5.862,21 km².

Comparando a estrutura da oferta de eletricidade brasileira com a do resto do mundo, percebe-se que o país, por seu potencial hídrico, dispõe de uma vantagem comparati-

va em relação aos demais, visto que essa fonte é significativamente mais econômica comparada com as outras.

No entanto, ainda que os projetos hidrelétricos utilizem uma fonte renovável, não se podem ignorar os impactos significativos causados por alguns empreendimentos hidrelétricos, tanto do ponto de vista da sustentabilidade dos ecossistemas quanto da sustentabilidade social.

A criação de reservatórios altera substancialmente os ecossistemas aquáticos, adicionando ainda novas áreas para a colonização por organismos aquáticos. A invasão do espelho d'água por plantas aquáticas flutuantes, ainda durante a etapa de enchimento dos reservatórios ou mesmo durante os primeiros anos de operação das usinas, é fato comum na maioria dos reservatórios, devido à maior disponibilidade de nutrientes nestes períodos.

Porém, a proliferação de plantas aquáticas não se restringe apenas aos primeiros anos de operação dos reservatórios. O incremento de nutrientes e sólidos suspensos nos ecossistemas aquáticos, resultantes da ação antrópica (eutrofização artificial), também estimula o aumento das populações de plantas aquáticas.

Por ser um dos usuários da água, o setor de energia elétrica também tem a responsabilidade e o dever de planejar a utilização deste recurso de forma racional, otimizada e respeitando os demais usuários do mesmo. Neste sentido, a previsão da ocorrência de problemas com plantas aquáticas é um grande desafio que deve ser defrontado pelas empresas de geração de energia, antes que medidas de manejo sejam adotadas. Diante da ocorrência de plantas aquáticas, é necessário avaliar se existe um problema potencial e se o manejo ou controle se faz necessário e, ainda, em que grau este deve ser empregado.

A dificuldade em avaliar corretamente se existe ou não a necessidade de controle de plantas aquáticas reside

no fato de que estas são componentes importantes em corpos hídricos (com papel fundamental no estoque de energia e carbono nas bases das pirâmides alimentares, proporcionado habitat adequado para muitos organismos), mas seu desenvolvimento excessivo prejudica a utilização desses corpos hídricos para navegação, geração de energia em usinas hidrelétricas e captação de água para a irrigação e consumo humano e animal (Pitelli, 1998). Embora uma quantidade adequada de vegetação aquática nativa seja necessária como fonte de oxigênio, alimento e abrigo para a vida aquática, grandes massas destes vegetais podem dificultar a navegação, pesca, recreação e entupir as tomadas de água das turbinas das usinas hidrelétricas e dificultar a própria vida no corpo da água.

Vários reservatórios de usinas hidrelétricas apresentam infestações de plantas aquáticas com prejuízos à geração de energia elétrica. Uma das situações mais graves ocorre na Usina Hidrelétrica Eng. Souza Dias, que controla o reservatório de Jupia. Neste reservatório, infestações das espécies submersas *Egeria densa*, *Egeria najas* e *Ceratophyllum demersum* podem acumular-se nas grades de proteção da tomada d'água das unidades geradoras, provocando o seu entupimento (Marcondes et al., 2002).

O trabalho de limpeza das grades da tomada d'água da usina é contínuo ao longo de todo o ano. Caso a limpeza não seja feita em tempo, a obstrução das grades pode gerar cavitação das turbinas, ruptura ou sucção de painéis das grades de proteção.

A despeito da reconhecida importância ecológica das plantas aquáticas, os estudos sobre sua biologia, ecologia e manejo em ecossistemas brasileiros aumentaram somente a partir da década de 80, quando começaram a aumentar os casos de problemas decorrentes do desenvolvimento de plantas aquáticas em grandes reservatórios de usinas hidrelétricas.

A maior quantidade de estudos também decorreu da promulgação da Lei nº6.938/81, que instituiu a Política Nacional de Meio Ambiente, pelo qual a implantação de usinas hidrelétricas passou a necessitar de licenciamento ambiental prévio por órgão competente, por ser considerada atividade efetiva e potencialmente poluidora, capaz de causar degradação ambiental. Com isso, no processo de licenciamento ambiental, todos os impactos ambientais decorrentes da implantação dos empreendimentos - como a proliferação de plantas aquáticas - devem ser identificados, devendo-se prever as medidas de mitigação ou compensação dos impactos negativos.

Nos últimos anos, a obrigatoriedade legal de avaliação dos impactos ambientais decorrentes da implantação de usinas hidrelétricas e a maior ocorrência de problemas provocados por plantas aquáticas fizeram com que diversas empresas e instituições de pesquisa buscassem desenvolver alternativas de monitoramento e controle de plantas aquáticas que fossem ambiental e economicamente viáveis e que também fossem adequadas à legislação ambiental brasileira. Dentre os métodos de controle estudados destacam-se os físicos através da remoção mecânica; químicos pela utilização de herbicidas; e biológicos através da ação de agentes fitopatogênicos específicos.

• O aumento da importância dada às plantas aquáticas nos últimos anos pode ser comprovado pelo grande número de publicações ocorridas, na forma de livros, artigos de periódicos ou anais de eventos.

Apesar deste grande aumento nas pesquisas, especialmente sobre a biologia, ecologia e técnicas de quantificação de plantas aquáticas (como o uso cada vez mais freqüente e confiável do sensoriamento remoto), não houve grande desenvolvimento de métodos de controle que fossem técnica, legal e economicamente viáveis. Atualmente, as ações de controle das plantas aquáticas vêm se restringindo aos métodos mecânicos e físicos. No caso do

controle químico, apesar dos diversos estudos publicados nos últimos anos, houve o registro comercial de apenas um herbicida, o fluridone, para utilização em ambientes aquáticos, sendo específico para plantas aquáticas submersas.

O controle mecânico é um método cuja eficiência é altamente dependente de equipamentos adequados e de uma estrutura de apoio que maximize o rendimento operacional dos equipamentos.

Os equipamentos para controle mecânico podem colher, dragar, empurrar, rebocar, picar, cortar ou realizar duas ou mais destas funções conjuntamente. Os equipamentos disponíveis no país são, em sua maioria, equipamentos adaptados para operação em ambientes aquáticos. O fato de não terem sido projetadas para este fim faz com que seu rendimento operacional seja baixo.

Como o controle mecânico envolve não somente a coleta das plantas aquáticas, mas também seu transporte e disposição final fora do corpo hídrico, várias alternativas de aproveitamento vem sendo estudadas, como a utilização como fertilizante e condicionador de solo, como fonte de alimento para animais e outros usos. Em diversos casos, a grande limitação do método (além de seu custo elevado) é a inexistência de áreas para disposição das plantas colhidas.

Dentre os métodos físicos, a manipulação dos níveis d'água pode ser considerado o único com potencial para ser utilizado em grande escala, pois a totalidade da região litorânea poderia ser atingida simultaneamente com essa manipulação. A alteração dos níveis do reservatório da UHE Salto Grande, no rio Paranapanema, tem se mostrado uma alternativa eficiente para manejo da espécie submersa *Egeria densa*.

Cabe ressaltar que no Brasil, diferentemente do que se observa em países da Europa ou América do Norte, os

problemas registrados com o crescimento de plantas aquáticas são provocados em grande parte por espécies nativas, como *Egeria densa* (elódea) e *Eichhornia crassipes* (aguapé). O desenvolvimento excessivo dessas espécies de plantas aquáticas não ocorre em ambientes naturais, mas em ecossistemas alterados pela ação do homem. Nos últimos anos, porém, têm sido relatadas ocorrências crescentes de espécies exóticas invasoras, tais como *Hydrilla verticillata* (espécie submersa originária da Ásia) e a *Brachiaria subquadrifera* (espécie emersa originária da África, introduzida no Brasil como espécie forrageira para uso em áreas úmidas ou alagáveis). Espécies invasoras como estas e outros tipos de organismo como o mexilhão-dourado (*Limnoperna fortunei*) são motivos de grandes impactos não apenas à geração de energia, mas em todo o ambiente.

A velocidade com que as plantas aquáticas passam a provocar impactos negativos aos usos da água torna necessário o monitoramento sistemático da ocorrência de plantas aquáticas nos reservatórios.

Além do monitoramento das plantas aquáticas, as empresas geradoras de energia também realizam outras ações, como o monitoramento da qualidade da água, que juntamente com o Plano Ambiental de Conservação e Uso do Entorno de Reservatórios Artificiais (conforme a Resolução nº 302 do Conselho Nacional de Meio Ambiente), permitem avaliar de forma mais consistente a necessidade ou não da adoção de medidas de controle. Essas ações integradas vem permitindo observar que o desenvolvimento excessivo de plantas aquáticas deve ser entendido como um sintoma, e não somente como a causa de problemas.

É nesta visão mais ampla que reside o grande desafio do manejo de plantas aquáticas: buscar um equilíbrio nas populações de plantas que permita os diversos usos da água mas que também mantenha suas funções ecológicas no ecossistema.

Bibliografia

BRASIL. Ministério de Minas e Energia. **Manual de inventário hidroelétrico de bacias hidrográficas**. Rio de Janeiro, 2007. 684 p.

MARCONDES, D. A. S. Estudos para manejo integrado de plantas aquáticas no reservatório de Jupia. In: THOMAZ, S.M.; BINI, L.M. (Ed.). **Ecologia e manejo de macrófitas aquáticas**. Maringá: EDUEM. 2003. p. 299-317.

PITELLI, R. A. Macrófitas aquáticas no Brasil, na condição de problemáticas. In: WORKSHOP CONTROLE DE PLANTAS AQUÁTICAS, 1998, Brasília, DF. **Resumos...** Brasília, DF: Instituto Brasileiro de Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis, 1998. p.12-15.

THOMAZ, S. M. Fatores ecológicos associados à colonização e ao desenvolvimento de macrófitas aquáticas e desafios de manejo. **Planta Daninha**, Campinas, v. 20, p. 21-33, 2002. Edição Especial.

Manejo de Malezas Acuáticas en la Región Sur de América Latina

Sabbatini M.R.¹, Irigoyen J.H.¹, Sidorkewicz N.² y Fernández O.A.¹

¹Departamento de Agronomía y CERZOS, ² Departamento de Biología, Bqca. y Farmacia, Universidad Nacional del Sur, 8000 Bahía Blanca, Argentina.

Resumen

La típica *taxa* que genera perjuicios en los ecosistemas acuáticos de la región está constituida por macrófitas sumergidas y en menor medida por especies flotantes, emergentes y cianobacterias causantes de la degradación de la calidad del agua. Las experiencias más interesantes de control biológico de malezas sumergidas en canales de drenaje del norte de la Patagonia argentina, se han basado en el empleo de los peces *Ctenopharyngodon idella* (carpa herbívora) y *Cyprinus carpio* (carpa común). Los resultados obtenidos, ampliamente satisfactorios, indican que ambas especies podrían utilizarse en programas de manejo en sistemas de riego de la región. Es importante destacar, sin embargo, que el potencial beneficio que se obtiene de manipular poblaciones de *Cyprinus carpio* a los efectos de controlar malezas acuáticas, deberá compatibilizarse con los perjuicios que este pez podría causar a la fauna y flora de los ambientes acuáticos. El uso de maquinarias pesadas (retroexcavadoras, arrastre de cadenas) es un método ampliamente difundido en distritos de riego, que consiste tanto en labores de corte y/o cosecha de las macrófitas como en dragado del sedimento. Este método presenta el inconveniente de que debe repetirse varias veces por temporada, ya que generalmente luego de las operaciones se produce la reinvasión y dispersión de las malezas en el canal. En cuanto al control químico, los herbicidas más utilizados en la región son la acroleína, sulfato de cobre, diquat y paraquat para el control de malezas sumergidas, y el 2,4-D amina, paraquat y glifosato para el

control de especies emergentes. En canales artificiales de alto caudal el herbicida más utilizado es la acroleína, aunque su eficiencia varía de acuerdo a la especie a controlar y a diferentes factores vinculados al ambiente acuático.

Palabras claves: malezas acuáticas, control biológico, control mecánico, herbicidas.

Abstract- Aquatic Weed Management in Southern Latin-America

The typical *taxa* causing problems in the aquatic systems of the region are submerged macrophytes and less floating, emergent and cyanobacteria, which produce water quality degradation. The more interesting experiences for the biological control of submerged weeds were attained with the fish *Ctenopharyngodon idella* (grass carp) and *Cyprinus carpio* (common carp), showing that both species could be effectively used for the management of aquatic weeds in both drainage and irrigation channels of northern the Patagonia Argentina. The manipulation of *C. carpio* within an aquatic weed control programme should, however, consider the possible negative effects that this fish could produce to the local fauna and flora. The use of heavy machine (excavators, heavy chains) to perform cutting, harvesting and dredging, is the more widely mechanical method used in irrigation districts. This method has the difficulty that usually needs to be repeated several times during the same season due the rapid regrowth of the vegetation. Herbicides commonly used in the region are acrolein, copper sulphate, diquat and paraquat for submerged weed control, and 2,4-D amine, paraquat and glyphosate for emergent weeds. Acrolein is the product more extensively applied in artificial irrigation channels of high water flow, but its efficiency varies according to the species and other factors related to water environment.

Keywords: aquatic weeds, biological control, mechanical control, herbicides.

Introducción

La típica taxa de macrófitas acuáticas que genera perjuicios en los ecosistemas lóticos y lénticos de todo el mundo, recientemente reseñada por Sidorkewicj et al. (2004), es similar a la que produce problemas en Latinoamérica. Mientras que en la región tropical las malezas flotantes son las más perjudiciales, en la región sur los mayores problemas los ocasionan las especies sumergidas (Sabbatini y Sidorkewicj, 1999). En varios países, los lagos, lagunas y reservorios suelen presentar durante la época cálida un denso crecimiento de diversas especies que dificulta el normal empleo de las aguas. Sin embargo, los principales inconvenientes se localizan en los distritos de riego. Existen varios sistemas de riego en la Argentina, fundamentalmente cultivados con sistemas fruti-hortícolas o agrícola-ganaderos. Dos de los más importantes son los valles del río Colorado (VIRC: 39°10'S, 62°55'O) y del río Negro (VIRN: 40°48'S, 63°05'O). En ellos, el uso de maquinaria pesada (retroexcavadoras, arrastre de cadenas) es un método costoso pero efectivo para mantener los canales de riego y drenaje libres de malezas acuáticas.

Las especies sumergidas de mayor importancia en la región son *Potamogeton* (*P. pectinatus*, *P. illinoensis*, *P. pusillus*), *Zannichellia* (*Z. palustris*), *Myriophyllum* (*M. elatinoides*, *M. aquaticum*), *Ceratophyllum* (*C. demersum*), *Elodea* (*E. callitrichoides*, *E. densa*), *Ruppia* (*R. maritima*), *Chara* (*C. contraria*), y algas filamentosas (*Cladophora*, *Enteromorpha*, *Rhizoclonium*). *Potamogeton* constituye el principal problema en distritos de riego, implementándose diferentes estrategias para disminuir su abundancia.

Las malezas mencionadas anteriormente, junto con especies de hábito emergente, tales como las pertenecientes a los géneros *Typha*, *Scirpus*, *Phragmites* o *Zizaniopsis*, entre otras, causan problemas también en lagunas, reservorios y canales parcelarios. Un ejemplo lo constituyen diferentes lagunas localizadas en la provincia de Buenos Aires, donde

el excesivo crecimiento de estas malezas conduce frecuentemente a la ocupación total del sistema, impidiendo su potencial aprovechamiento con fines recreativos y turísticos, tales como pesca o navegación. Algunas especies emergentes, tales como *Echinochloa crus-galli*, también causan perjuicios al cultivo del arroz en el litoral de las provincias de Entre Ríos y Corrientes, ocasionando pérdidas de hasta un 70% en el rendimiento del grano (Sidorkewicz et al., 2004)

Si bien las especies flotantes no causan inconvenientes relevantes en esta región, ocasionalmente, las excesivas poblaciones de *Eichhornia crassipes*, frecuentemente acompañadas por otras flotantes como *E. azurea* o *Pistia stratiotes*, pueden afectar el aprovechamiento de algunos cuerpos de agua en diferentes provincias del norte de la Argentina. Por ejemplo, en el río Paraná a menudo se forman verdaderas islas de vegetación flotante denominadas "camalotales", que se trasladan aguas abajo y pueden ocasionar daños a estructuras y dificultar la navegación. Se ha encontrado que en algunas épocas del año más de cuatro ha de camalotales pasan diariamente por la rivera de la ciudad de Paraná, transportando a menudo una rica fauna de insectos, ofidios, caracoles y otros animales (Fernández et al., 1993).

En algunas situaciones, un crecimiento excesivo de algas, cianobacterias o macrófitas en sistemas acuáticos tales como reservorios o lagos se puede convertir en un factor fundamental de la degradación de la calidad del agua. Una de las consecuencias más relevantes del crecimiento excesivo de varias especies de cianobacterias es la producción de toxinas que contaminan peligrosamente el agua destinada al consumo del hombre y animales (Gangstad and Cardelli, 1990). En estos casos, los métodos de control se basan en la disminución del ingreso de nutrientes al cuerpo de agua, lo que implica la adopción de medidas a nivel de cuenca hidrográfica, tales como la reducción del uso de fertilizantes en la agricultura o el tratamiento de desechos

industriales o urbanos previo a su descarga al agua. La purificación del agua a un nivel aceptable puede en estos casos demandar una serie de acciones de control costosas, tales como filtración o detoxificación. Un ejemplo reciente sobre el impacto negativo del crecimiento excesivo de cianobacterias fue la presencia en el año 1999 de *Anabaena* y *Microcystis* en el reservorio Paso Piedras que provee de agua potable a la ciudad de Bahía Blanca, Argentina. La abundancia de dichas especies condujo a que, como medida de protección, durante varios meses se limitara del consumo de agua de red a la población (Fernández et al., 2006).

Control Biológico

Varios organismos se han experimentado a los fines de su uso en programas de biocontrol de malezas acuáticas, tanto en ambientes lénticos como lóticos, siendo los más estudiados los artrópodos, peces herbívoros y patógenos. El control de *Eichhornia crassipes* mediante la introducción del curculiónido *Neochetina bruchi* en el dique Los Sauces, al noroeste de la Argentina, es considerado como uno de los más exitosos eventos de biocontrol del país (Cordo y Zapater, 1996).

El pez fitófago *Ctenopharyngodon idella* (carpa herbívora, sogyo o amur blanco) ha sido introducido en más de 25 países como agente de biocontrol de malezas sumergidas, con resultados satisfactorios en la mayoría de los casos (Murphy et al., 1993). En Argentina, la carpa herbívora ha sido propuesta para el biocontrol de malezas sumergidas en varios sistemas de riego del país, así como también en el delta existente en la desembocadura del río Paraná en el océano Atlántico. Un proyecto de investigación para el uso de este pez en el distrito de riego del VIRN, iniciado en 1993, arrojó resultados satisfactorios, dado que luego de dos meses de introducidos los peces bajo condiciones naturales, a una tasa de 100 Kg ha⁻¹, se alcanzó un control efectivo de malezas sumergidas (Dall'Armellina et al., 1999). A pesar de los buenos resultados obtenidos

en esta investigación, hasta la fecha no se ha concretado la incorporación efectiva de *C. idella* al sistema de riego del VIRN como agente de biocontrol.

La carpa común, *Cyprinus carpio*, es un pez nativo del Asia oriental, que ha recibido mucha atención por el efecto ambiental negativo que causa luego de su introducción en un cuerpo de agua fuera de su rango nativo. En efecto, dado que se alimenta principalmente de organismos presentes en el sedimento, produce un disturbio que se traduce en un incremento de la turbiedad del agua, con la subsiguiente muerte de la vegetación sumergida y efectos colaterales sobre otros organismos acuáticos que viven asociados a la comunidad vegetal. La predación sobre alevines de otras especies (por ejemplo, pejerrey) es otra de las causas del empobrecimiento y alteración de la composición faunística del sistema. *C. carpio* ingresó presumiblemente en forma accidental al distrito de riego del VIRN a mediados de los 80', encontrándose actualmente como un constituyente natural de la fauna íctica de los canales. Sobre fines de la década del '80 se observó una disminución notable del grado de enmalezamiento, fundamentalmente en los canales de drenaje del sistema, en coincidencia con el incremento en la densidad de la carpa común (Fernández et al., 1998). Como consecuencia de estas observaciones, se evaluó la posibilidad de utilizar a esta especie como un agente de biocontrol en los canales del sistema. Dichos estudios revelaron que una carga de 500- 2000 juveniles ha⁻¹ produjo una reducción en la biomasa de malezas sumergidas de entre 40 y 100%, e incrementos de hasta un 200% en la turbiedad del agua (Sidorkewicj et al., 1998). Recientemente, se ha producido el ingreso accidental de *C. carpio* en los canales de riego y drenaje del VIRN (Bezic, comunicación personal), lo que ha producido un fenómeno similar al ocurrido 20 años atrás en el VIRN: el incremento en la turbiedad del agua de los drenes y la consiguiente disminución del problema de malezas acuáticas. Las observaciones y las experiencias realizadas indican que, más que considerar la presencia del pez como

un problema, la manipulación de las poblaciones de *C. carpio* bajo condiciones controladas podría constituirse en una herramienta eficaz del control de malezas acuáticas en los distritos de riego del VIRC y VIRN.

Control Físico

La remoción directa de la vegetación acuática a través del uso manual de diferentes herramientas tales como guadañas, rastrillos, tijeras, etc. es sólo utilizada para el control de grupos aislados de plantas localizados en pequeños reservorios o cursos de agua, así como a poblaciones que crecen en las márgenes de lagos o canales. La eficiencia de estas operaciones es muy baja, además de exponer al operario a riesgos frecuentes tales como accidentes o contracción de enfermedades.

El VIRC provee riego a un área de 92000 ha a través de una red de canales de riego y drenaje de 9000 km de extensión. Con una red tan extensa de canales, el control de malezas sumergidas en canales de alto caudal (red primaria y secundaria) se debe realizar necesariamente de manera sistemática, efectiva y previendo un alto costo de operaciones. El uso de maquinarias pesadas resulta el método más práctico y eficiente, efectuándose labores de corte y/o cosecha y dragado.

El tipo de maquinarias más utilizadas son las retroexcavadoras autopropulsadas con brazos hidráulicos, que circulan por la banquina de los canales. Se pueden dividir en aquellas que poseen un rastrillo, y cuyo objetivo es únicamente cortar y extraer la vegetación sumergida, y aquellas que poseen un balde, que extraen parte del sedimento además de la vegetación. Las equipadas con rastrillo extraen aproximadamente un 70% de la vegetación y cubren cerca de 100 m de canal por hora, mientras que las de balde, si bien hacen un trabajo más completo, cubren aproximadamente 40 m de canal por hora (Fernández et al., 1993). Otro método muy utilizado en canales de riego de

alto caudal es el del arrastre de cadenas pesadas, con salientes filosas, por medio de dos tractores que circulan por las márgenes opuestas del canal, provocando el corte y posterior arrastre de la vegetación aguas abajo.

El empleo de métodos de control mecánico, fundamentalmente corte y rastrillado, presenta el inconveniente de que luego de las operaciones sobreviven enterrados en el sedimento una alta proporción de propágulos (rizomas, tubérculos, bulbos) y fragmentos de vegetación que rápidamente provocan la reinvasión y dispersión de las malezas en el canal (Dall'Armellina et al., 1996). Así, por ejemplo, en el VIRN es necesario realizar en pocos meses hasta siete arrastres de cadenas pesadas en el mismo canal para asegurar el abastecimiento normal del agua de riego a los agricultores (Murphy, 1995).

Una metodología alternativa utilizada en el distrito de riego del río Dulce (27°25'S, 63°50'W), es la de realizar una interrupción temporaria de 4-5 días en el suministro de agua del canal durante la época de riego. Este procedimiento causa la desecación del follaje de las malezas sumergidas debido a las altas temperaturas y baja humedad del área, mejorando la circulación del agua. Esta operación es inevitablemente seguida del rápido rebrote de las malezas, por lo que debe ser repetido varias veces durante la estación de crecimiento.

Otra metodología alternativa para el control de malezas sumergidas es la de cubrir el fondo de los canales con plástico negro, o paño geotextil, para evitar el crecimiento de malezas enraizadas. En una experiencia realizada en el VIRC en 1998, se colocó un plástico de 7 m de ancho a lo largo de 20 km de un canal de riego. Aunque durante los primeros meses el plástico evitó el crecimiento de vegetación sumergida, el efecto a largo plazo fue negativo ya que el sedimento se acumuló sobre el plástico y la vegetación colonizó el nuevo sistema expandiéndose rápidamente.

Control Químico

Los herbicidas ofrecen una alternativa de control rápido y eficiente para el control de la mayoría de las malezas acuáticas. Estos compuestos son herramientas poderosas, pero requieren para su uso en ambientes acuáticos de un conocimiento y entrenamiento especial a los efectos de no ocasionar daños a todos aquellos organismos que no sean blanco de las aplicaciones. Más allá del impacto negativo que estos productos puedan causar en el ambiente acuático, resulta importante aclarar que cuando son utilizados racionalmente, resultan efectivos para mejorar la calidad del agua en muchos tipos de sistemas acuáticos, especialmente cuando no hay otras vías alternativas para el control de malezas. En general puede aseverarse que la vida media de los herbicidas en el agua es de apenas horas y son fijados irreversiblemente en el hidrosuelo de los cuerpos de agua, por lo que resultan de muy baja persistencia.

Sólo un limitado espectro de herbicidas se encuentra disponible para el uso en ambientes acuáticos, y ninguna o muy poca investigación se realiza en el desarrollo de nuevos productos (Madsen, 2000). En la región, los herbicidas más utilizados son la acroleína, sulfato de cobre, diquat y paraquat para el control de malezas sumergidas, y el 2,4-D amina, paraquat y glifosato para el control de malezas emergentes.

En el control de malezas sumergidas en canales de alto caudal, el herbicida más utilizado es la acroleína. Este herbicida es muy tóxico y su aplicación debe efectuarla personal entrenado con un equipamiento especial, ya que su incorporación al agua se realiza mediante inyección con nitrógeno. Su uso es muy restringido debido a su alta toxicidad a plantas y animales, pero se utiliza aún en sistemas acuáticos de varios países. En la región, la aplicación de acroleína ha encontrado su mayor difusión dentro del distrito de riego del VIRC, donde se viene utilizando en forma discontinua desde hace más de 30 años. La eficiencia

en el control de la vegetación sumergida varía entre aplicaciones, especialmente debido a diferentes factores vinculados con el ambiente acuático, tales como turbiedad, pH, conductividad y temperatura del agua (Bentivegna et al., 1998). Los mejores resultados para el control de *P. pectinatus* se han obtenido combinando aplicaciones de baja concentraciones con alto tiempo de inyección, siendo la óptima la de 2-5 mg l⁻¹ en 24 horas de exposición (Fernandez et al., 1993).

En cuerpos de aguas tales como lagunas o reservorios, la aplicación sectorizada de herbicidas en bajas dosis, permite un muy buen control de malezas sin afectar la fauna íctica ni la vegetación circundante. Experiencias realizadas en la laguna Mulitas, Provincia de Buenos Aires, con aplicaciones de paraquat desde un bote en forma sectorizada tanto en tiempo como en espacio, permitieron la eliminación de las malezas en áreas en las que el canopeo de *Myriophyllum* alcanzaba el nivel superficial, con profundidades del agua de hasta 1,5 m. Si bien el herbicida produjo una leve desoxigenación inicial, luego de dos meses la concentración de oxígeno disuelto en el agua exhibió valores superiores a los registrados con anterioridad a la aplicación del producto, sin cambios significativos en el pH y turbiedad (Irigoyen et al., 1999). La aplicación en forma sectorizada evita que las bajas concentraciones de oxígeno, que se producen con posterioridad a las aplicaciones como consecuencia de la muerte de la vegetación, produzcan mortandad de peces.

Manejo Integrado de Malezas Acuáticas

El manejo integrado de malezas es recomendado cuando diferentes estrategias de control combinadas pueden mejorar los resultados obtenidos por un solo procedimiento, produciendo el menor daño al ambiente. La puesta en marcha de un programa de manejo integrado en un sistema acuático requiere necesariamente de un cuidadoso estudio, ya que las diferentes medidas de control pueden no ser

compatibles. Así por ejemplo, la implementación de un programa de control biológico utilizando peces resultará incompatible con la aplicación de herbicidas como la acroleína, letal para la fauna íctica. Asimismo, el potencial beneficio de manipular poblaciones de *Cyprinus carpio* a los efectos de controlar malezas acuáticas, deberá compatibilizarse con el perjuicio que pudiera causar este pez a la fauna y flora de los ambientes acuáticos de la región.

Literatura Citada

BENTIVEGNA, D. J.; SABBATINI, M. R.; CURVETTO, N. R.; FERNÁNDEZ, O. A. 1998. Effect of acrolein on *Potamogeton pectinatus* L. in irrigation channels. In: INTERNACIONAL SYMPOSIUM ON AQUATIC WEEDS, 10., 1998, Lisboa. **Proceedings...** Lisboa: EWRS, 1998. p. 319-322. Editado por A. Monteiro, T. Vasconcelos, L. Catarino.

CORDO, H. A.; ZAPATER, M. C. Control biológico de malezas en la Argentina: progresos y situación actual, a dos décadas de su comienzo. In: MESA REDONDA DE CONTROL BIOLÓGICO EN EL NEOTRÓPICO, 3., 1991, Río de Janeiro. **El control biológico em America Latina: actas.** Buenos Aires, 1996. p. 9-15.

DALL´ARMELLINA, A.; BEZIC, C. R.; GAJARDO, O. A. Propagation and mechanical control of *Potamogeton illinoensis* Morong in irrigation canals in Argentina. **Journal of Aquatic Plant Management**, Gainesville, v. 34, p. 12-16, 1996.

DALL´ARMELLINA, A.; BEZIC, C. R.; GAJARDO, O. A. Submerged macrophyte control with herbivorous fish in irrigation channels of semiarid Argentina. **Hydrobiologia**, The Hague, v. 415, p. 265-269, 1999.

FERNÁNDEZ, O. A.; SUTTON, D.; LALLANA, V.; SABBATINI, M. R.; IRIGOYEN J. H. 1993. "Aquatic weed problems and management in South and Central America". In: PIETERSE, A. H.; MURPHY, K. J. (Ed.). **Aquatic weeds**. 2. ed. New York: Oxford University Press, 1993. p. 406-425.

FERNÁNDEZ, O. A.; MURPHY, K. J.; LÓPEZ CAZORLA, A.; SABBATINI, M.R.; LAZZARI, A.; DOMANIEWSKI, J.; IRIGOYEN, J. H. Interrelationships of fish and channel environmental conditions with aquatic macrophytes in an Argentine irrigation system. **Hydrobiologia**, The Hague, v. 380, p. 18-25, 1998.

FERNÁNDEZ, O. A.; VÁZQUEZ R.; SIDORKEWICJ N.; SABBATINI M. R.; MARCHENA, J. Aquatic vegetation as indicator of the sustainability of fresh water systems: interactions with the land surface. In: TRIPATHI, R. D. (Ed.). **Plant response to environmental stress**. Lucknow: IBD, 2006. Cap. 15, p. 129-135.

GANGSTAD, E. O.; CARDARELLI, N. F. The relation between aquatic weeds and public health. In: PIETERSE, A. H.; MURPHY, K. J. (Ed.). **Aquatic weeds**. 2. ed. New York: Oxford University Press, 1993. p. 85-90.

IRIGOYEN, J. H.; SABBATINI, M. R.; SIDORKEWICJ, N. Control de *Myriophyllum* en lagunas mediante inyección de paraquat al agua. In: JORNADAS FITOSSANITARIAS ARGENTINAS, 10., 1999, San Salvador Jujuy. **Resúmenes...** p. 143.

MADSEN, J. D. 2000. Advantages and Disadvantages of Aquatic Plant Management Techniques. **LakeLine**, Madison, v. 20, n. 1, p. 22-34, 2000.

MURPHY, K. J.; ROBSON, T. O.; ARSENOVIC, M.; ZWEERDE, W. van der. 1993. Aquatic weed problems and management in Europe. In: PIETERSE, A. H.; MURPHY, K. J. (Ed.). **Aquatic weeds**. 2. ed. New York: Oxford University Press, 1993. p. 295-317.

MURPHY, K. J. Aquatic weeds. In: NIERENBERG, W. A. (Ed). **Encyclopedia of Environmental Biology**. San Diego: Academic Press, 1995. v. 1, p. 71-801: 71-80.

SABBATINI, M. .R.; MURPHY, K.. J.; IRIGOYEN, J. H. Vegetation-environmental relationships in irrigation channel systems of southern Argentina. **Aquatic Botany**, Amsterdam, v. 62 , n. 2, p. 119-133, 1998.

SABBATINI, M. R.; SIDORKEWICJ, N. **Guía para el reconocimiento de las principales malezas acuáticas sumergidas y flotantes de la República Argentina**. Bahía Blanca,: CERZOS, 1999.

SIDORKEWICJ, N. S.; LÓPEZ CAZORLA A. C.; MURPHY K. J.; SABBATINI M. R. FERNÁNDEZ O. A.; DOMANIEWSKI, J. C. J.. 1998. Interaction of common carp with aquatic weeds in Argentine drainage channels. **Journal of Aquatic Plant Management**, Gainesville, v. 36, p. 5-15, 1998.

SIDORKEWICJ N.; SABBATINI M. R.; FERNÁNDEZ, O. A.; IRIGOYEN, J. H. Aquatic Weeds. In: INDERJIT (Ed.). **Weed biology and management**. Dordrecht: Kluwer, 2004. Cap. 5, p. 115-135.

Impacto Ambiental de Herbicidas no Meio Aquático

Luiz Lonardoní Foloni

Eng^o Agrônomo, M.S., DR.,

Prof^o Colaborador do Curso de Pós Graduação em
Engenharia Agrícola Feagri - Unicamp

Introdução

Em situações nas quais as macrófitas aquáticas estão presentes, tanto em lagos, rios, represas e usinas hidrelétricas, têm causado diversos problemas, que vão além de prejudicar a beleza da paisagem, como o abrigo de vetores de várias doenças (ocasionando sérios problemas de saúde pública), prejudicam as atividades de lazer através da navegação, no funcionamento anormal de eclusas, e problemas como a obstrução das grades de proteção e das turbinas.

As plantas aquáticas podem ser encontradas vegetando as margens de rios e reservatórios ou dentro dos mais diversos ambientes aquáticos, empregando diferentes mecanismos de adaptação para sobrevivência e desenvolvimento. Enquanto algumas espécies apresentam-se enraizadas em corpos d'água com fortes correntezas, outras somente podem viver em águas paradas ou estagnadas. Martins et al., (2002).

Os ambientes aquáticos, de forma geral, são formados por uma grande biodiversidade vegetal, que em situação ecologicamente equilibrada, é essencial para a manutenção e desenvolvimento deste ecossistema. Nesses ambientes, as plantas aquáticas são responsáveis pela oxigenação e depuração da água, servindo de alimento para peixes e aves que protegem as margens da ação erosiva da água. Tanaka (1998).

A desestabilização desses locais pode ter como consequência, entre outras, um crescimento descontrolado de uma ou mais espécies, elevando sua população a níveis

indesejáveis e prejudiciais, tornando necessária à adoção de medidas de controle.

O fato de ambientes hídricos tornarem-se infestados por plantas aquáticas é uma indicação de que a água apresenta um problema de difícil solução: O excesso de nutrientes, provenientes de fontes como o esgoto doméstico, a erosão de terras agrícolas, os resíduos industriais e a decomposição de plantas e de outros organismos. Patton & Starnes, (1970).

No Brasil, as plantas aquáticas representam grandes problemas em três ambientes alterados pelos homens: lagos e reservatórios eutrofizados próximos a centros urbanos; represas rurais e canais de irrigação e de drenagem; reservatórios de usinas hidrelétricas. Piteli, (1998).

Herbicidas e o Ambiente

Os trabalhos existentes na bibliografia abordam os grandes reservatórios, mas devemos lembrar que existem inúmeros reservatórios pequenos, cujas principais características são a de ter pequeno volume d'água e pequena profundidade (rasos). Dessa forma, propiciam o desenvolvimento de extensas comunidades de macrófitas aquáticas. Wetzel, (1975), ressalta que no final terminarão de desembocar nos grandes rios e acabar por ocasionar os problemas já citados.

O uso de herbicidas, é relatado por uma série de trabalhos encontrados na literatura internacional e com menos intensidade, por limitações legais, na literatura brasileira, dentre estes, por exemplo, Velini et al. (2002) avaliaram o reservatório de Americana-SP através de imagens de satélite dos anos de 1985, 1990, 1995, 2000 e 2001 para mapear a ocorrência de macrófitas marginais e flutuantes, encontrando um valor final de 260 t. ha⁻¹, com taxa média mensal de 3,35%. A ocupação do reservatório evolui de 0,21% para 16%, de forma que em 1990 bastaria controlar 30,5

há para a infestação voltar ao nível de 1985, já em 2001 seria necessário controlar 7,5 há mês⁻¹, durante 27 meses para alcançar os mesmos resultados. Os autores concluem que este é apenas um exemplo dos muitos no Brasil, das conseqüências entre a eutrofização do ambiente e o livre crescimento de macrófitas por longos períodos, indicando que tal situação não pode ser considerada parte integrante de um ecossistema em equilíbrio.

Carvalho et al. (2003) avaliaram o nível de infestação de plantas aquáticas no Rio Tietê, no reservatório de Barra Bonita (SP), em 335 pontos, resultando em 1.871 ha de área infestada, de uma área total de 27.718 ha. Encontraram 17 espécies de macrófitas superficiais, sendo as mais importantes: *Brachiaria mutica*; *Brachiaria subquadripara*; *Eichhornia crassipes*; *Pistia stratiotes*; *Enida Sessilis*; *Polygonum lapatifolium*; *Echinochloa polystachya* e *Salvinia auriculata*.

Segundo Martins, (1998), dentre os métodos de controle existentes e recomendados têm-se os herbicidas, sendo mundialmente mais utilizados os seguintes compostos: 2,4 – D; diquat; endothal composto à base de cobre; fluridone; imazapyr e glyphosate.

Guimarães, et al. (2003) utilizaram uma metodologia para avaliação do impacto ambiental causado pelo uso de herbicidas no controle de macrófitas. Para tanto, foram construídos mecanismos em alvenaria, com volume de 1080 L., que apresentam entrada e saída da água pela superfície, com uma vazão média de 2,73 ml 5⁻¹, resultando em um período de renovação do volume d'água de 4,7 dias. Este tempo de renovação reflete aproximadamente a condição do reservatório da Santana (Piraí-RJ), onde as macrófitas são abundantes e problemáticas.

O sistema avaliado possibilitava a inserção de lâminas para coleta e medida da comunidade bentônica. O método utilizado foi o de fluxo contínuo, e vários parâmetros de

qualidade de água foram medidos, além da determinação de resíduos na coluna d'água e no sedimento. A intenção de se utilizar um método de fluxo contínuo foi buscar uma situação mais próxima da realidade, afim de que os resultados obtidos possam espelhar com maior exatidão os possíveis riscos provenientes do uso de substâncias químicas no controle das macrófitas.

Avaliação dos impactos ambientais

A avaliação de um produto fitossanitário deve ser analisada como um produto que é colocado no mercado, após ter sido submetido á análise, regulamentada por diretrizes internacionais e por legislações específicas de cada país.

Avaliação ambiental envolve a necessidade de ferramentas seguras para o manejo de produtos fitossanitários em etapas para analisar o comportamento e destino no ambiente. (Wagenet e Rao, 1990). Utilizando para tanto de modelos matemáticos, a capacidade de predição de um modelo é diretamente relacionada á disponibilidade de introduzir dados. No Brasil, este é o maior empecilho, por não haver banco de dados de resíduos disponíveis, fato que leva os pesquisadores testar diferentes modelos com uma pequena quantidade de dados; A Utilização de Modelos matemáticos pelo fato de que as propriedades físico-químicas dos produtos fitossanitários e as características do ambiente. Estes podem ser representadas por meio de números. Os modelos matemáticos indicam com relativa facilidade, a tendência de distribuição ambiental e destino dos produtos fitossanitários, em um ou mais compartimentos de risco, e a aproximação das concentrações em diversas matrizes. Desta forma, tornam-se o melhor instrumento realístico aplicável para o manejo de produtos fitossanitários. Vighi e DiGuardo,(1995).

Dentre os diferentes modelos existentes, o mais popular é o de GUS(groundwater ubiquity score) proposto por

Gustafson (1989), este pesquisador estudou a mobilidade no solo, adotando como parâmetros, o coeficiente de carbono orgânico (Koc) e a meia vida, para compostos que possam ou não ser lixiviados no solo. De forma geral indicam o grau de lixiviação da molécula.

Outro modelo é o da Fugacidade. O modelo matemático utilizando o conceito de fugacidade foi desenvolvido por Mackay (1979), apresentando vários níveis de complexidade de cálculos, dependendo das necessidades de modelagem e disponibilidade de dados. A complexidade do modelo resulta do número de compartimentos, da inclusão ou não de reações de degradação e de advecção ou ainda de outros parâmetros. Esta propriedade da fugacidade permite sua aplicação na análise termodinâmica de sistema, que compreendem mais de uma fase, caracterizadas pelo movimento de substâncias entre fases, freqüente em sistemas ambientais. O conceito da Fugacidade é dividido em 4 níveis, o mais simples é o nível I e o mais complexo o IV. Como exemplo, foi calculado o nível de fugacidade para os herbicidas mais utilizados no ambiente aquático, exceto para glyphosate, que este modelo não permite fazê-lo.

Resultados

A seguir, são apresentados os resultados do cálculo de qual ou quais comportamentos são mais vulneráveis aos herbicidas utilizados no controle de macrófitas aquáticas. O conceito de fugacidade Nível I é apresentado na Figura 1.

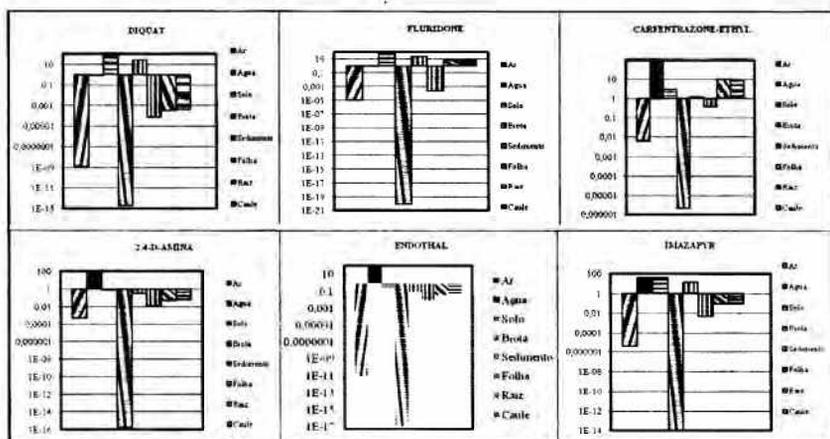


Figura 1. Modelo de fugacidade Nível I.

Os dados de Guimarães et al. (2003) mostraram também que tanto os mesocosmos com herbicida, quanto àqueles nos quais se utilizou à morte das plantas por congelamento, não mostraram diferenças de ordem geral para os parâmetros de impacto analisados.

Conclusões

No controle de macrófitas aquáticas deve ser considerado: - Aspecto dos danos e prejuízos imediatos (facilmente percebidos), tais como nas Usinas hidrelétricas e para os casos menos evidentes, como na saúde pública; - O impacto ambiental pode ser avaliado através de modelos matemáticos, os quais permitem prever em qual ou quais compartimentos estes produtos apresentam maior vulnerabilidade; - Efeitos ecológicos causados por produtos fitossanitários, resultantes da toxicidade e dos efeitos em organismos não-alvos (salvo raras exceções são significativos sob o ponto de vista do ecossistema, se houver concentrações consideráveis do produto); - Imperativo pensar em como controlar as macrófitas aquáticas em seus nichos ou criadouros antes que atinjam os grandes cursos d'água evitando toda sorte de problemas aqui resumidos.

Bibliografia

CARVALHO, F. T.; GALO, M. L. B. T.; VELINI, E. D.; MARTINS, D. Plantas Aquáticas e nível de infestação das espécies presentes no reservatório de Barra Bonita, no Rio Tietê. **Planta Daninha**, Viçosa, MG, v. 21, p. 15-19, 2003. Ed. Especial.

GUSTAFSON, D. I. Groundwater ubiquity socre: a simple method for assessing pesticide leachability. **Environmetal Toxicology and Chemistry**, New York, v. 8, p. 339-357, 1989.

GUIMARÃES, G. L.; FOLONI, L. L.; PITELI, R.; MARTINS, A. T. Metodologia para avaliação de impacto ambiental de macrófitas em mesocosmos. **Planta Daninha**, Viçosa, MG, v. 21, p. 37-42, 2003. Ed. Especial.

MACKAY, D. Finding fugacity feasible. **Environmental Science & Technology**, Washington, v. 13, n. 10, p. 1216-1223, Oct. 1979.

MARTINS, D. Controle de plantas daninhas aquáticas. In: WORKSHOP CONTROLE DE PLANTAS AQUÁTICAS, 1998, Brasília, DF. **Resumos...** Brasília, DF: IBAMA, 1998.

MARTINS, D. et al. Controle químico de Pistia stratiotes, Eichhornia crassipes e Salvinia molesta em caixas d'água. **Planta Daninha**, Viçosa, MG, v. 20, n. 2, p. 83-88, 2002.

PATTON, V. D.; STARNES, W. W. Aquatic weeds and water pollution. **Hyacinth Control Journal**. Fort Myers, v. 8, n. 2, p. 48-49, 1970.

PITELI, R. A. Macrófitas aquáticas no Brasil, na condição de problemáticas. In: WORKSHOP CONTROLE DE PLANTAS AQUÁTICAS, 1998, Brasília, DF. **Resumos ...** Brasília, DF: Instituto Brasileiro de Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis, 1998. p. 12-15.

TANAKA, R. H. Prejuízos provocados pelas plantas aquáticas. In: WORKSHOP CONTROLE DE PLANTAS AQUÁTICAS, 1998, , Brasília, DF. **Resumos ...** Brasília, DF: Instituto Brasileiro de Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis, 1998. p. 36-38.

VELINI, E. D.; GALO, M. L. B. T.; TRINDADE, M. L. B.; MARTINS, D.; BRONHARA, A. A. Manejo de plantas aquáticas em grandes reservatórios: Riscos associados a estratégia de não ação. In: CONGRESSO BRASILEIRO DA CIENCIA DAS PLANTAS DANINHAS, 23., 2002, Gramado. **Resumos...** Londrina: SBCPD; Pelotas: Embrapa Clima Temperado, 2002. p. 610.

VIGHI, M.; DIGUARDO, A. Predictive approaches for the evaluation of pesticide exposure. In: VIGHI, M.; FUNARI, E. (Ed.). **Pesticide risk in groundwater**. Boca Raton: CRC Press, 1995. Cap. 3, p. 73-100.

WAGENET, R. J.; RAO, P. S. C. Modeling pesticide fate in soils. In: Cheng, H.H.; Bailey, G.W.; Green, R.E.; Spencer, W.F. (Ed.). **Pesticides in the soil environmental: processes, impacts, and modeling**. Madison: Soil Science Society of America, 1990. Cap.10, p. 351-399. (SSSA Book Series, 2).

Capítulo 5

Manejo Integrado de Plantas Daninhas em Cana-de-Açúcar

Manejo Integrado de Plantas Daninhas em Cana-de-Açúcar em Grandes Unidades de Produção - Visão Prática

Rogério A. B. Soares¹, Pedro J. Christoffoleti², Ramiro F. Lopez Ovejero³, Marcelo Nicolai⁴, Saul J. P. Carvalho⁵,
Ana Carolina Ribeiro Dias⁶

Usina Jalles Machado - GO¹, ESALQ-USP², Doutorando ESALQ-USP³,
Doutorando ESALQ-USP⁴, Doutorando ESALQ-USP⁵,
Mestranda ESALQ-USP⁶

1. Introdução

A cultura da cana-de-açúcar (*Saccharum officinarum*) tem exercido importante papel na economia brasileira, principalmente por consequência da grande produção alcançada nos últimos anos. Os elevados valores obtidos colocam o Brasil como líder mundial nas agroindústrias de açúcar e álcool. Nos últimos anos, a área produtiva, bem como a produtividade total, tem aumentado continuamente, devido, principalmente, às boas perspectivas do mercado futuro.

Sabe-se que o plantio e a colheita da cana-de-açúcar são rotinas agrícolas realizadas praticamente o ano todo nas diferentes regiões produtoras do país, as quais apresentam características edafo-climáticas muito diferentes umas das outras. Essa situação conflitante tem se apresentado como um grande desafio para o técnico responsável pelos tratos culturais, principalmente na recomendação de estratégias de manejo de plantas daninhas.

O manejo de plantas daninhas na cultura da cana-de-açúcar nos sistemas de produção atualmente em uso na canavicultura brasileira está baseado na integração de medidas culturais, mecânicas, físicas e químicas. Dentre as medidas culturais destacam-se manejo de variedades de alto perfilhamento e conseqüentemente sombreamento precoce do solo, redução de espaçamentos de plantio, condução de

soqueiras para o rápido perfilhamento nas fases iniciais de desenvolvimento da cultura. Como medidas físicas destaca-se a operação de cultivo de soqueiras e de "quebra-lombo" em cana-planta, que dentre suas finalidades de execução está o manejo de plantas daninhas em pós-emergência. Como medidas físicas pode ser destacado a presença de resíduos da colheita da cana-de-açúcar sem queima deixada sobre a superfície do solo que além de outras implicações no sistema de produção provoca a dormência e conseqüente supressão da infestação de algumas espécies de plantas daninhas através de influências físicas, químicas e biológicas da palhada. No entanto, o principal métodos de controle das plantas daninhas empregado pelos produtores de cana-de-açúcar é o uso de herbicidas, aplicados em condições de pré-emergência ou pós-emergência inicial ou eventualmente em condições de pós-emergência tardia em jato dirigido á entrelinha da cultura, com as plantas daninhas em estágio mais tardio de desenvolvimento.

Os objetivos principais do controle químico de plantas daninhas é a obtenção de máxima eficácia de controle de controle de plantas daninhas, com alta seletividade para a cultura, de forma econômica e com a minimização dos efeitos ambientais. No entanto, os herbicidas atualmente em uso na cultura da cana-de-açúcar apresentam variações específicas de eficácia de controle das espécies que compõem a comunidade plantas daninhas infestantes das áreas onde são aplicados, como no grau de seletividade para a cultura em função da dose, época de aplicação, condições edáficas e climáticas e estágio fenológico e condições fisiológicas e bioquímicas da cultura e das plantas daninhas. Por outro lado, a gama de produtos disponíveis no mercado de produtos varia em suas características físico-químicas, que interagem com os aspectos climáticos, edáficos e culturas do sistema de produção. Esta interações permitem variabilidade de aplicação e usos de herbicidas, posicionando os herbicidas em diferentes nichos de aplicação na cultura, sendo que, para a correta seleção desta estratégia é necessário o conhecimento das interações mencionadas. Neste

sentido é que descreve este artigo da publicação, especialmente novas moléculas de herbicidas existentes no mercado de cana-de-açúcar.

2. Biologia e interferência das plantas daninhas na cultura de cana-de-açúcar

A infestação de plantas daninhas é um dos principais fatores bióticos presentes no agroecossistema da cana-de-açúcar que têm a capacidade de interferir no desenvolvimento e na produtividade da cultura (Kuva et al., 2003). Estima-se que existam cerca de 1.000 espécies de plantas daninhas que habitam este agroecossistema, distribuídas nas distintas regiões produtoras do mundo (Arévalo, 1979). A interferência negativa resultante da presença das plantas daninhas nas áreas agrícolas produtoras de cana-de-açúcar pode causar reduções na quantidade e na qualidade do produto colhido, diminuir o número de cortes viáveis além de aumentar os custos de produção em cerca de 30% para cana-soca e de 15% a 20% para cana planta (Lorenzi, 1988; Lorenzi, 1995). Assim, os objetivos almejados no controle de plantas daninhas são: evitar perdas devidas à interferência; favorecer a condição de colheita; evitar o aumento do banco de sementes; evitar problemas de seleção/resistência e; evitar a contaminação do meio ambiente (redução da quantidade aplicada e resíduo no solo).

Dentre as plantas daninhas mais importantes nas áreas canavieiras encontram-se o capim-braquiária (*Brachiaria decumbens*), capim-marmelada (*Brachiaria plantaginea*), capim-colonião (*Panicum maximum*), capim-colchão (*Digitaria* spp.), capim-camalote (*Rottboelia exaltata*) e a grama-seda (*Cynodon dactylon*). Além das gramíneas, outras plantas daninhas como corda-de-viola (*Ipomoea* spp), tiririca (*Cyperus rotundus*) e picão-preto (*Bidens* sp.) também são causadoras de grandes prejuízos a cultura. Ainda, na região Nordeste, outras espécies apresentam muita importância como: capim-fino (*Brachiaria mutica*), capim-gengibre

(*Paspalum maritimum*), erva-de-rola (*Cróton lobatus*) e burra-leiteira (*Chamaesyce hirta*) (Procópio et al., 2003).

Sabe-se que as diferenças específicas e intrínsecas dos propágulos de plantas daninhas promovem a desuniformidade temporal do processo germinativo. Esta desuniformidade é decorrente, principalmente, da coexistência de inúmeros e complexos mecanismos de dormência em cada propágulo e da distribuição diferencial dos propágulos no perfil do solo (Pitelli & Pitelli, 2004). O recrutamento das plântulas é conseqüência do sucesso na germinação das sementes e subsequente estabelecimento dos indivíduos, o que é determinado pelo número de sementes no perfil do solo e por condições ambientais diretamente adjacentes às sementes (Boyd & Acker, 2003).

As sementes dispersas nos solos agrícolas têm sua germinação e dormência regida por fatores intrínsecos das espécies e, também, por características do meio, tais como: disponibilidade de água, luz, temperatura e profundidade de semeadura. Caso as condições não sejam as ideais as sementes podem permanecer viáveis nos solos por longos períodos (Carmona, 1992; Kogan, 1992). Ainda, as sementes de plantas daninhas apresentam padrão de germinação que pode ser classificado em contínuo ou em fluxos (Egley & Willians, 1991), o que complica seu manejo. Por exemplo, o caruru apresenta germinação contínua (95% de germinação em 8 dias) e o capim-braquiária germinação em fluxos (85% de germinação em 25 dias), sendo assim, a necessidade de controle residual do herbicida é diferentes para cada caso.

O conhecimento dessa característica da planta daninha ajuda na escolha da dose para atingir o residual necessário. De forma geral, durante o período mais quente do ano observa-se que os fluxos de plantas daninhas são maiores e mais rápidos, já que existe temperatura, precipitação e quantidade e qualidade de luz adequados para o estímulo da germinação-emergência dessas plantas.

Segundo Pitelli (1985), a interferência das plantas daninhas é influenciada por fatores ligados à própria cultura (espécie ou variedade, espaçamento e densidade de plantio), à época e extensão do período de convivência e aos fatores característicos das plantas daninhas (composição específica, densidade e distribuição). No caso da cana-de-açúcar, as características próprias da cultura favorecem o prolongamento do período de convivência, e conseqüente competição, quando comparados com as culturas de cereais, tais como milho ou soja. Trabalhos para a situação de cana-planta, indicam que o período crítico de prevenção da interferência (PCPI) situa-se, em média, entre 30 e 100 dias após a deposição dos toletes (Rolim & Christoffoleti, 1982; Kuva et al., 2003). Poucos estudos foram realizados para a cultura em condição de soqueira, contudo acredita-se que o PCPI localiza-se de 30 a 100 dias na soca-seca e de 30 a 60 dias na soca-úmida após a emergência da cultura. O conhecimento do PCPI é uma ferramenta fundamental para a escolha do herbicida, da dose e residual do mesmo.

3. Manejo de plantas daninhas na cultura de cana-de-açúcar

Para evitar as perdas provocadas pelas plantas daninhas deve-se adotar medidas eficientes de manejo desses agentes. As medidas de manejo devem ser feitas da forma mais racional possível, integrando medidas culturais, mecânicas e químicas, sendo esta última a que resulta em melhores índices de controle, tornando o método químico de grande utilização entre os produtores de cana. Entre as medidas de manejo cultural, que objetivam tornar a cultura mais competitiva em relação às plantas daninhas, pode-se mencionar: escolha correta da variedade (perfilhamento, brotação, tempo de fechamento, suscetibilidade a herbicidas etc.); controle de pragas e nematóides (evitar interações negativas); adubação equilibrada da cultura; espaçamentos reduzidos entre outras. O controle mecanizado inclui operações de preparo do solo, cultivos, roçadas e operações de reforma. Contudo, atualmente, o principal método de con-

trole das plantas daninhas é o químico através da aplicação de herbicidas, tanto na condição de pré como de pós-emergência destas plantas (Hernandez et al., 2001). Segundo Freitas et al. (2003) o controle químico de plantas daninhas em áreas de cana-de-açúcar é uma prática bastante difundida em todo o país.

A eficácia de um herbicida depende de diversos fatores como as características físico-químicas e dose do herbicida, a espécie a ser controlada (características estruturais próprias), o estágio de desenvolvimento e a biologia da planta daninha, o estágio de desenvolvimento da cultura, as técnicas de aplicação, os fatores ambientais no momento e após a aplicação dos herbicidas, além das características físico-químicas do solo para os herbicidas aplicados em pré-emergência. Esses fatores interagem constantemente, provocando diferenças nos resultados observados.

Segundo alguns autores, quando um ou mais dos fatores citados não são satisfatórios, a eficácia de controle do herbicida aplicado pode ficar comprometida. Além disso, o balanço do efeito destes fatores é que irá determinar a disponibilidade do herbicida no solo e conseqüentemente sua eficácia no controle de plantas daninhas e seletividade para a cultura da cana-de-açúcar.

Para a correta escolha da dose a ser aplicada é fundamental o conhecimento da textura e matéria orgânica do solo. As condições de umidade do solo, a pluviosidade e temperatura afetarão o período residual do herbicida, que deve oscilar entre 60 e 150 dias, variando de acordo com a modalidade cultivo: cana planta de ano, cana planta de ano e meio e cana soca; e época de aplicação (úmida ou seca).

Para o controle químico, existem hoje mais de 40 produtos registrados para a cultura da cana-de-açúcar que, dependendo de suas características, podem ser usados para cana-planta ou/e cana-soca nas épocas seca, semi-seca e/ou úmida, facilitando assim a logística de seu uso (independe

das máquinas de aplicação). Nota-se que, para a correta escolha de um produto a ser aplicado, é fundamental conhecer o balanço hídrico da região onde o princípio irá atuar (Tabela 1).

Tabela 1. Características pluviométricas de diferentes áreas canavieiras do Brasil.

Região	Características pluviométricas		
	semi-seca	seca	úmida
Centro Sul	Abril-Maio e Agosto-Setembro	Maio a Agosto	Outubro-Março
GO, MTe MS	Abril-Maio e Setembro-Outubro	Maio a Setembro	Outubro - Março
Nordeste	Janeiro - Fevereiro	Setembro a Dezembro	Março - Agosto

3.1 Manejo de plantas daninhas na cana-planta

O plantio da cana é realizado principalmente entre os meses de setembro-dezembro (cana-de-ano) e de janeiro a abril (cana-de-ano e meio). Nestas épocas do ano tem-se temperaturas adequadas para germinação-emergência de diferentes espécies de plantas daninhas e precipitações de regulares a muito boas que favorecem o funcionamento dos herbicidas.

Para ter sucesso no controle de plantas daninhas em cana-planta e nas sucessivas soqueiras devemos realizar o manejo do "Banco de Sementes" em pré-plantio da cultura. A densidade populacional potencial de plantas daninhas em uma área é determinada pelo número de sementes no solo (banco de sementes), as quais podem permanecer vivas e dormentes nos solos agrícolas por muitos anos. Uma maneira de reduzi-la é evitar a adição de novos propágulos, através do controle da chuva de sementes (Braccini, 2001), já que, uma única planta de capim-colhão, por exemplo, pode produzir até 15 mil sementes, que podem germinar após sua maturação (Lorenzi, 1988). Normalmente, o banco de sementes apresenta diversidade de sementes de plantas daninhas, no entanto, poucas espécies dominam entre 70 a 90% do banco (Wilson, 1988).

Na atualidade, tem-se várias estratégias de manejo do banco de sementes em pré-plantio, no entanto, essa prática esta estreitamente ligada ao período entre colheita da soqueira e o novo plantio, da época do ano e das espécies de plantas daninhas presentes na área. Nesta fase é muito importante utilizar culturas em rotação (adubo verde, amendoim, soja), pois, além das melhorias nas condições físico-químicas do solo, tem-se a oportunidade de utilização de herbicidas alternativos. Caso não seja possível a adoção de rotação de culturas, pode-se lançar mão de herbicidas alternativos para o manejo das espécies presentes, com ou sem efeito residual, como por exemplo a aplicação de trifluralina em áreas de preparo convencional com alta infestação de gramíneas (expansão da cultura sobre área de pastagens); a utilização de glifosato + imazapyr, entre 30 e 60 dias antes do plantio, nas áreas de preparo reduzido com ; infestação de grama-seda; ou a aplicação de glifosato + imazapic em áreas de tiririca, glifosato + isoxaflutole em áreas de gramíneas como capim-colchão e glifosato + carfentrazone em áreas de corda-de-viola.

A escolha do herbicida para o controle de plantas daninhas no pós-plantio da cana-de-açúcar deve ser feita em função do custo, do efeito residual, da eficácia sobre folhas largas e estreitas, da seletividade para a cultura e da flexibilidade de aplicação. Por outro lado, conhecer as diferentes fases de desenvolvimento da cultura é um requisito fundamental para assegurar a seletividade na cana-planta, já que cada fase pode diferir em sua resposta a um herbicida em particular ou mesmo em tolerar a competição com as eventuais plantas daninhas presentes na área.

A fisiologia da cana-de-açúcar (Rochecouste, 1967), durante as fases iniciais de crescimento da planta, caracteriza-se pela emissão de uma brotação inicial à partir do rizoma nas soqueiras ou do colmo em cana-planta. Normalmente esta brotação inicial é acompanhada da emissão de um sistema radicular proveniente dos rizomas ou colmos respectivamente para cana planta e soqueiras, que condiciona du-

rante os 15-20 dias iniciais de crescimento alta tolerância aos herbicidas aplicados no solo. A primeira fase de desenvolvimento é chamada de "esporão" (estádio 1) e, nesta fase, a planta é tolerante aos herbicidas foliares de contato e de translocação, pois a grande espessura da cutícula das folhas que recobrem o "esporão" impedem a penetração de herbicidas; e mesmo que o herbicida consiga penetrar nessas folhas aciculadas, ele não consegue atingir as folhas internas. Nesta fase a planta de cana-de-açúcar é também bastante tolerante a presença das plantas daninhas.

Caso os herbicidas residuais utilizados sejam eventualmente absorvidos pela raiz da cana-de-açúcar, no estágio de esporão, a planta mostra-se tolerante, pois não existe uma ligação direta dos vasos do xilema da raiz com o caule da brotação. Nesta fase podem ser utilizados herbicidas como Combine (tebuthiuron), Gamit (clomazone) e Boral (sulfentrazone) que podem ser aplicados em solo com pouca umidade; e Advance (hexazinona + diuron), Krismat (trifloxissulfuron + ametrina), Sinerge (clomazone + ametrina), Sencor (metribuzin), ametrina, diuron, trifluralina, Herbadox (pendimethalin) e suas misturas, que precisam de umidade, já que apresentam alta adsorvidividade ao solo.

Na fase de duas a três folhas (estádio 2) a planta de cana é muito sensível aos herbicidas foliares, especialmente aos de contato, pois as folhas oferecem pequena resistência a penetração dos mesmos através de sua cutícula foliar, ainda fina. O herbicida foliar que atinge as folhas neste estágio pode ser translocado e provocar distúrbios fisiológicos na planta como um todo ou causar injúrias diretas nas folhas. Como o crescimento inicial da planta de cana-de-açúcar depende diretamente do colmo primário formado neste estágio, qualquer injúria severa na planta pode resultar em danos na produtividade final da cultura. A presença das plantas daninhas nesta fase já pode exercer alguma interferência no desenvolvimento da cultura, conseqüentemente, medidas de manejo já devem ser iniciadas ao final desta fase.

Se um herbicida residual de baixa seletividade para a cultura for lixiviado para a zona de emissão das raízes definitivas, durante a fase de transição do sistema radicular (estádio 3), os danos para a planta podem ser severos. A presença de plantas daninhas nesta fase irá sombrear as plantas de cana-de-açúcar, sendo que, este sombreamento afeta diretamente a capacidade de perfilhamento da planta.

Após três a quatro meses (estádio 4), em condições normais, a planta de cana já se encontra totalmente entouceirada e com seu sistema radicular bem estabelecido. O número de colmos por metro linear já alcançou praticamente o número final que permanecerá até a colheita da cultura. Nesta fase a planta de cana-de-açúcar é tolerante a maioria dos herbicidas de absorção foliar, bem como aos herbicidas residuais. É comum nesta fase a aplicação de herbicidas em jato dirigido à entrelinha da cultura, utilizando-se de herbicidas de baixa seletividade para a cultura, bem como a operação de "catação" de eventuais plantas daninhas que não foram controladas anteriormente. Esta infestação tardia é constituída principalmente de plantas daninhas perenes como o capim-braquiária (*Brachiaria decumbens*), capim-colonião (*Panicum maximum*), dentre outras.

3.2 Manejo de plantas daninhas na cana-soca

Nas soqueiras de cana-de-açúcar, a formação do "esporão" é muito rápida (estádio 1), pois a emissão do colmo primário, à partir do segmento de colmo deixado pela colheita, é imediata, quando em condições favoráveis de umidade e temperatura, seguida pela emergência das primeiras folhas jovens. Em situação de solo seco, sem irrigação após o corte, a emissão do colmo primário pode ser retardada em até uma ou duas semanas, facilitando assim a operacionalidade na aplicação de herbicidas residuais que apresentam também, absorção foliar e, poderiam assim, causar eventuais sintomas de fitotoxicidade.

A touceira de cana-de-açúcar, durante esta fase, apresenta grande tolerância a herbicidas residuais, pois seu sistema radicular, é ainda, constituído por raízes que se desenvolveram no ciclo anterior da cultura, e que, portanto, não estão ligados diretamente aos novos colmos formados neste ciclo. Também, a fitotoxicidade de herbicidas residuais é menor nesta fase das soqueiras, quando comparada com a observada com estágio equivalente da cana-planta (estádio 2), pois as raízes transitórias estão em grande quantidade e profundidade. Esta distribuição no perfil do solo permite que alguns herbicidas de alta solubilidade, os quais não são recomendados para cana-planta, possam ser aplicados com segurança nas soqueiras, ou mesmo herbicidas residuais que não são recomendados para solos arenosos em cana-planta, possam ser aplicados neste tipo de solo em cana-soca, pois a maior lixiviação do herbicida no solo não atinge o sistema radicular da touceira.

A interferência das plantas daninhas presentes na área, durante esta fase do ciclo das soqueiras é ainda pouco significativa, pois o crescimento da cana neste momento depende dos nutrientes contidos nos segmentos de colmos deixados da colheita e que originaram os colmos primários das touceiras. Os herbicidas seletivos administrados em condição de pós-emergência inicial/contato para o controle das plantas daninhas podem ser aplicados sem causar sintomas severos de injúria para a parte aérea.

Durante esta fase é feito, normalmente, o cultivo e a adubação da cultura. Este cultivo, em condições normais, não afeta o crescimento da cana-de-açúcar, pois o corte eventual de raízes na entrelinha não reflete na absorção de água do solo, dada a grande profundidade do sistema radicular transitório. É importante ressaltar que existem controvérsias no meio científico e produtor sobre a necessidade de realização deste cultivo.

A substituição do sistema radicular proveniente do ciclo anterior da cana ocorre rapidamente pelas raízes pro-

venientes dos perfilhos, emitidos para o novo ciclo da cultura (estádio 2). O perfilhamento é intenso nesta fase e a formação da touceira é, também, dependente dos mesmos fatores mencionados para o perfilhamento da touceira da cana-planta.

A interferência das plantas daninhas no crescimento da cana-de-açúcar é intensa nesta etapa de desenvolvimento. No entanto, as perdas resultantes das infestações de plantas daninhas são menores que em cana-planta, pois nas soqueiras o desenvolvimento da mesma touceira e conseqüentemente sombreamento da entrelinha é mais rápido. Embora menor, as perdas devido à interferência das plantas daninhas em áreas infestadas são significativas.

Caso sintomas visuais de fitotoxicidade de herbicidas residuais aplicados em pré-emergência ocorram, é nesta etapa de desenvolvimento da soqueira que eles são observados. O cultivo das soqueiras durante esta fase pode ser prejudicial ao crescimento da cultura, pois a operação pode, mecanicamente, danificar as raízes definitivas provenientes dos colmos formados neste ciclo da cultura. Danos ao sistema radicular definitivo de uma soqueira podem afetar o crescimento e conseqüentemente a produtividade final das soqueiras.

✱ Ao considerar o período de corte da cana observa-se que, aproximadamente 80% da safra ocorrem no período seco a semi-seco. As chuvas que ocorrem neste período não são suficientes para repor o volume de água necessário para o desenvolvimento da cultura. Assim, a aplicação de herbicidas neste período fica restrita aos produtos que tenham propriedades que permitam sua aplicação nessas condições. Além dos herbicidas já mencionados para cana-planta, principalmente aqueles aplicados na época úmida (outubro a dezembro), o mercado tem oferecido novas moléculas, capazes de se adaptar à condição de solo seco ou semi-seco, entre elas: isoxaflutole, imazapic (S = 2150, kow = 0,01), amicarbazone (S = 4600; Kow = 15 a 17) e clomazone

(S = 1100, kow = 350) + hexazinona (S = 33.000, Kow = 11,3) (popularmente chamados de "herbicidas de seca"). O isoxaflutole é considerado um pró-herbicida (S = 6; Kow = 208), uma vez que rapidamente é convertido a um metabólito (diquetonitrila - DKN, S = 326 Kow = 2,5), que é, de fato, a molécula biologicamente ativa no controle de plantas daninhas. A aplicação destes herbicidas está fundamentada em aspectos importantes relacionados com sua dinâmica no solo.

Desta forma, na época seca, as características relacionadas aos herbicidas que tem maior disponibilidade no solo são: ausência de volatilidade, não degradação pela luz solar, alta solubilidade, baixa adsorção aos colóides do solo para ficar disponível na solução deste e longo período de controle (>120 dias). Esses herbicidas apresentam todas estas características desejáveis, além do fato de serem herbicidas cuja degradação no solo é condicionada principalmente pela presença de microrganismos. Como no período seco a atividade microbiana é baixa, devido à baixa umidade e temperatura, esses herbicidas podem ser aplicados em condições de seca e permanecer ativo, na solução do solo, como herbicida, até que condições de umidade sejam adequadas para as plantas daninhas se desenvolverem e conseqüentemente o herbicida desempenhar sua função no controle destas plantas. A característica de degradabilidade dos herbicidas por microrganismo confere ao produto a segurança de que não haja acúmulo de seus resíduos no solo em anos subsequentes.

Sendo assim, os "herbicidas de seca" podem ser aplicados durante os meses de menor precipitação pluvial com segurança de alta seletividade por posicionamento, pois, além do produto permanecer nas camadas superficiais de solo, condicionado pela baixa disponibilidade de água no perfil; o sistema radicular proveniente do rizoma ou colmo encontra-se em profundidade, não havendo, portanto, contato do ingrediente ativo com o sistema radicular da planta. Desta forma, a seletividade de aplicação destes herbicidas

em época seca é garantida pelo desenvolvimento inicial lento da cultura da cana-de-açúcar que permite uma grande flexibilidade de aplicação dos produtos como “herbicida de seca”.

Se por um lado o herbicida deve ser seletivo para a cultura, por outro precisa ser eficaz no controle das plantas daninhas, com efeito residual suficiente para suprimir estas plantas até o “fechamento” do canavial. Nas soqueiras, cuja aplicação de herbicidas é feita na época seca, é fundamental que o herbicida apresente características físico-químicas que permitam sua disponibilidade para o controle até que as precipitações se regularizem, conseqüentemente o produto deve ter um efeito residual suficiente para suportar o período seco até o início das chuvas. Os herbicidas mencionados apresentam características que permitem sua aplicação no período seco sem perder sua eficácia de controle.

A aplicação de “herbicidas de seca” é uma estratégia de manejo que pode (e boa parte das vezes é) ser administrada em grandes extensões de área, pois proporciona logística mais adequada ao produtor. Dentre os aspectos favoráveis da aplicação de “herbicidas de seca” destacam-se: a. Controle das condições de aplicação e independência das condições climáticas (chuvas); b. otimização da estrutura de aplicação (ausência de picos de aplicação); c. Otimização da estrutura de máquinas, caminhões e apoio envolvido no processo; d. redução do uso da mão-de-obra; e. disponibilização de máquinas para aplicações em canaplanta; f. planejamento da aplicação em função da área colhida; g. aplicações em pré-emergência, minimizando a possibilidade de fitotoxicidade e h. Eficácia de controle de plantas daninhas devido a melhor definição dos tratamentos (herbicidas e dose).

Todavia, há poucos anos, a colheita de cana-crua foi implantada no Brasil. Nessas áreas, à presença da palha da cana-crua afeta a germinação de plantas daninhas e a dinâmica dos herbicidas. Por exemplo, a palha constitui-se excelente agente de controle de espécies de plantas daninhas

gramíneas e dicotiledôneas de sementes pequenas. No entanto, pode limitar o uso de herbicidas de pré-emergência, o qual não atinge o solo (Velini et al., 2003). Desta forma, a aplicação de herbicidas pré-emergentes, nessas áreas, precisa ser reestruturada e torna-se restrita ao uso de produtos que consigam atingir o solo, atravessando a palhada deixada na superfície (Medeiros & Christoffoleti, 2001).

4. Referência Bibliográficas

ARÉVALO, R. A. **Plantas daninhas da cana-de-açúcar**. Araras: IAA/PLANALSUCAR/CONESUL, 1979. 46 p.

BOYD, N. S.; ACKER, R. C.V . The effects of depth and fluctuating soil moisture on the emergence of eight annual and six perennial plant species. **Weed Science**, Ithaca, v. 51, p. 725-730, 2003.

BRACCINI, A. de L. Banco de Sementes e Mecanismos de Dormência em Sementes de Plantas Daninhas. In: OLIVEIRA, R. S. de; CONSTANTIN, J. **Plantas daninhas e seu manejo**. Guaíba: Agropecuária, 2001. p. 59-102.

CARMONA, R. Problemática e manejo de banco de sementes de invasoras em solos agrícolas. **Planta Daninha**, Campinas, v. 10, n.1/2, p. 5-16, 1992.

EGLEY, G. H.; WILLIAMS, R. D. Emergence and periodicity of six summer annual weed species. **Weed Science**, Ithaca, v. 39, p. 595-600, 1991.

FREITAS, S. P. et al. Controle químico de *Rottboelia exaltata* em cana-de-açúcar. **Planta Daninha**, Campinas, v. 22, n. 3, p. 461-466, 2004.

HERNANDEZ, D. D.; ALVES, P. L. C. A.; MARTINS, J. V. F. Influência do resíduo de colheita de cana-de-açúcar sem queima sobre a eficiência do imazapic e imazapic + pendimethalin. **Planta Daninha**, Campinas, v. 19, n. 3, p. 419-426, 2001.

KOGAN, M. A. **Malezas; Ecofisiologia y estratégias de control.** Santiago: Pontificia Universidad Católica, 1992. 402 p.

KUVA, M. A. et al. Períodos de interferências das plantas daninhas na cultura da cana-de-açúcar. III – capim-braquiária (*Brachiaria decumbens*) e capim-colonião (*Panicum maximum*). **Planta Daninha**, Campinas, v. 21, n. 1, p. 37-44, 2003.

LORENZI, H. Plantas daninhas e seu controle na cultura da cana-de-açúcar. In: SEMINÁRIO DE TECNOLOGIA AGRO-NÔMICA, 4., 1988. Piracicaba, **Anais...** São Paulo: COPERSUCAR, 1988. p. 281-301.

LORENZI, H. Invasoras da cana-de-açúcar. **Sinal Verde**, Brasília, DF, v. 3, n. 7, p. 12-13, 1988.

LORENZI, H. Plantas daninhas na cultura da cana-de-açúcar: Plantas daninhas na lavoura do nordeste brasileiro. In: ENCONTRO TÉCNICO GOAL, CANA-DE-AÇÚCAR, 4., 1995, Recife. **Anais...** Recife, 1995.

MEDEIROS, D.; CHRISTOFFOLETI, P.J. Efeito da palha de cana-de-açúcar em áreas de colheita mecanizada sem queima sobre a infestação de plantas daninhas e eficácia de herbicidas. In: PRADO, R.; JORRÍN, J. V. **Uso de herbicidas en la agricultura del siglo XXI.** Córdoba: Universidad de Córdoba, 2001. p. 599-605.. Córdoba: Universidad de Córdoba, 2001. p. 599-605.

PITELLI, R. A. Interferência das plantas daninhas em culturas agrícolas. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v.11, n. 129, p.16-27, 1985.

PITELLI, R. A.; PITELLI, R. L. C. M. Biologia e ecofisiologia das plantas daninhas. In.: VARGAS, L.; ROMAN, E. S. (Ed.). **Manual de manejo e controle de plantas daninhas.** Bento Gonçalves: Embrapa Uva e Vinho, 2004. p. 29-56.

PROCÓPIO, S. de O.; DA SILVA, A. A.; VARGAS, L.; FERREIRA, F. A. Manejo de plantas daninhas na cultura da Cana-de-açúcar. Viçosa, MG: Suprema Gráfica, 2003. 150 p.

ROCHECOUSTE, E. The sugar cane plant. In: ROCHECOUSTE, E. **Weed Control in Sugar Cane: research and application**. Réduit: Mauritius Sugar Industry Research Institute, 1967. Cap. 1.; p.1-13..

ROLIM, J. C.; CHRISTOFFOLETI, P. J. Período crítico de competição das plantas daninhas com cana planta de ano. **Saccharum APC**, São Paulo, v. 5, n. 22, p. 21-26, 1982.

VELINI, E. D.; TRINIDADE, M. L. B.; CAVENAGHI, A. L.; NEGRISOLI, E. Influência da palha na ocorrência de plantas daninhas e na eficiência de herbicidas. In: FANCELLI, A. L.; DOURADO-NETO (Ed.). **Milho: estratégias de manejo para alta produtividade**. Piracicaba: ESALQ/USP/LPV, 2003. p. 198-208

WILSON, R. G. Biology of weeds seeds in soil. In: ALTIERI, M.; LIBERMAN, M. (Ed.). **Weed management in agroecosystems: ecological approaches**. Boca Raton: CPC Press, 1988. p. 25-39.

Dinâmica dos Herbicidas no Solo e as Recomendações em Época Seca x Úmida

*Pedro Jacob Christoffoleti¹, Vanessa Camponez Cardinalli²,
Saul J. P. de Carvalho³, Marcelo Nicola⁴, Ana Carolina Ribeiro Dias⁵*
ESALQ - USP¹, Mestranda em Fitotecnia/ESALQ-USP², Doutorando em
Fitotecnia/ESALQ/USP³, Doutorando em Fitotecnia/ESALQ/USP⁴,
Mestrando em Fitotecnia/ESALQ-USP⁵

Os herbicidas pré-emergentes (residuais) representam a principal modalidade de aplicação na cultura da cana-de-açúcar, pois a cultura exige controle de plantas daninhas durante o período crítico de competição, o qual pode estender-se até 180 dias após o plantio ou 120 dias após o corte das soqueiras. No entanto, existem no mercado diversas opções de herbicidas residuais, e a escolha do produto adequado deve estar fundamentada em critérios técnicos, que levam em consideração fatores ligados aos atributos do solo, condições climáticas e propriedades físico-químicas dos herbicidas.

A eficácia de controle das plantas daninhas, a seletividade para a cultura da cana-de-açúcar e o impacto ambiental decorrentes da utilização destes herbicidas dependerá da interação entre estes fatores. Portanto, para que o produtor de cana-de-açúcar obtenha sucesso nas pulverizações de herbicidas residuais em cana-de-açúcar é necessário o conhecimento sobre a interação destes produtos com o ambiente.

O solo e seus atributos que afetam a eficácia dos herbicidas residuais

Didaticamente, o sistema solo está dividido em três fases: (i) sólida (areia, silte, argila e matéria orgânica), (ii) líquida (água) e (iii) gasosa (CO_2 , O_2 e N_2). No entanto, em termos práticos a proporção entre as fases e a composição de cada uma delas irá variar de um solo para outro afetando

diretamente o desempenho de um herbicida aplicado ao solo das lavouras canavieiras.

A fase sólida do solo é responsável pelo processo de retenção ou "captura" do herbicida, impedindo ou dificultando sua disponibilização do herbicida para controle da planta daninha. Este processo de retenção pode ser em parte irreversível (parte do herbicida ficará indisponível para o controle das plantas daninhas - resíduo ligado) e parte poderá voltar a ser disponível para o controle das plantas daninhas através do processo de desorção (remobilização). A retenção do herbicida na fase sólida pode ocorrer tanto pela argila como pela matéria orgânica do solo, porém a fração orgânica é a principal responsável por sua "captura" através do estabelecimento de ligações químicas com as moléculas dos herbicidas. Sob o ponto de vista prática isto quer dizer que solos com teores elevados de matéria orgânica tendem a reter mais o herbicida, exigindo maiores doses para o controle de plantas daninhas e também dificultando a degradação e movimentação dos herbicidas no solo.

É importante ressaltar que os solos brasileiros (solos de regiões tropicais) foram formados em clima quente e sob condições de alta precipitação pluvial e por isso tendem a apresentar baixo teor de matéria orgânica, quando comparado com solos de países de clima temperado como os dos Estados Unidos e da Europa. Este fato deve-se a facilidade de degradação da matéria orgânica pela fauna microbiana em nossos solos. Assim, o baixo teor de matéria orgânica apresentado pela maioria dos solos brasileiros retém menores quantidades de herbicidas de forma irreversível.

Da mesma forma, a textura do solo influencia grandemente o processo de retenção dos herbicidas residuais no solo. Normalmente, solos que apresentam textura argilosa tendem a reter muito mais as moléculas do que solos de textura arenosa, pois os minerais de argila que possuem capacidade sortiva, ao contrário dos solos arenosos, que são compostos basicamente por grãos de sílica

(quartzo), não apresentando capacidade de reter moléculas de herbicidas.

Em resumo, a recomendação da dose de um herbicida residual para a cultura da cana-de-açúcar deve estar fundamentada em dois parâmetros edáficos: textura e teor de matéria orgânica. Porém, as recomendações oficiais de variação de doses estão baseadas apenas na textura, ou seja em função de três classes texturais: (i) textura arenosa, (ii) textura média e (iii) textura argilosa, sem no entanto levar em consideração o teor de matéria orgânica no solo. Este fato pode induzir a erros de recomendação, porém como na maioria das vezes solos argilosos contem maiores teores de matéria orgânica e solos arenosos são pobres em matéria orgânica, existe funcionalidade desta recomendação. Na tabela 1 estão representadas as recomendações de alguns herbicidas aplicados na cultura da cana-de-açúcar de acordo com a textura, indicando a grande variabilidade de doses em função da textura.

Outro parâmetro de grande importância, principalmente para herbicidas que apresentam a capacidade de se ionizar, é o pH do solo. Pelo fato dos solos apresentarem em sua grande maioria cargas negativas na superfície de colóides de argila e na matéria orgânica, a forma como a molécula do herbicida se encontra no solo será importante para definir seu destino, ou seja, se ela será ou não retida. No entanto, nas recomendações oficiais este fator de influência na dose do herbicida não é levado em consideração.

Tabela 1. Recomendação de doses de alguns herbicidas residuais utilizados na cultura da cana-de-açúcar em função da textura do solo, retirado de Lorenzi, 2006.

Herbicida - Ingrediente ativo (*)	Amplitude de doses do herbicida em função da textura**	
	Ingrediente ativo (kg/ha)	Produto comercial (kg ou L/ha)
Ametryn (500)	2,0 - 4,0	4,0 - 8,0
Clomazone (500)	0,9 - 1,1	1,8 - 2,2
Diuron (500)	2,5 - 4,0	5,0 - 8,0
Diuron (468) + hexazinone (132)	(0,842 + 0,2376) - (1,404 + 0,396)	1,8 - 3,0
Imazapic (700)	0,133 - 0,147	0,190 - 0,210
Isoxaflutole (750)	0,187 - 0,262	0,250 - 0,350***
Metribuzin (480)	1,44 - 1,92	3,0 - 4,0
Oxyfluorfen (240)	0,48 - 1,20	2,0 - 5,0
Pendimethalin (500)	1,0 - 1,75	2,0 - 3,5
S-metolachlor (960)	1,44 - 1,92	1,5 - 2,0****
Sulfentrazone (500)	0,8 - 0,9	1,6 - 1,8
Tebuthiuron (500)	0,8 - 1,2	1,6 - 2,4
Trifluralin (600)	1,6 - 3,6	3,0 - 6,0

* Concentração da formulação em g/L ou g/kg.

** *Doses maiores são recomendadas para solos de textura argilosa e doses menores para solos de textura arenosa, sendo que para solos de textura média doses intermediárias.*

*** Soqueiras em época seca

**** As atuais recomendações deste herbicida preconizam doses maiores para a cana-de-açúcar

A umidade do solo é importante para permitir a absorção pelas plantas daninhas, já que o herbicida, no caso dos pré-emergentes, precisam ser lixiviados até atingir as estruturas da planta responsáveis pela absorção. Essa quantidade de água no solo irá determinar o espaço poroso disponível para a difusão da fase gasosa, que também afeta a taxa de absorção do herbicida pela planta. Já a profundidade de lixiviação do herbicida é dependente do equilíbrio entre a fração do herbicida adsorvida no solo e o herbicida presente na solução do solo. Esse equilíbrio é governado por alguns fatores como solubilidade, capacidade de retenção do herbicida e conteúdo de água no solo. A aplicação em solos com umidade inadequada, pode causar baixa eficiência no controle das plantas daninhas, e por isso precisa ser monitorada e corrigida, se necessário, antes de se realizar uma pulverização.

As propriedades físico-químicas dos herbicidas residuais interagem com os atributos do solo e também afetam a eficácia no controle de plantas daninhas

Os herbicidas apresentam diversas características físico-químicas que devem ser levadas em consideração juntamente com os atributos do solo antes de se realizar uma aplicação no campo. Dentre elas destaca-se a solubilidade do herbicida em água. Se a solubilidade do herbicida em água é moderada/alta, existe uma tendência de permanecer em maior concentração na água do solo (fase líquida) e portanto disponível para a absorção pelas plantas daninhas, degradação química ou biológica (microrganismos do solo), ou ainda pode ser lixiviado a maiores profundidades, quando em períodos mais chuvosos. O ideal é que o herbicida seja solubilizado e lixiviado no perfil do solo onde o banco de sementes das plantas daninhas tenha potencial de quebra de dormência, mas por outro lado é ideal que esteja acima da região de absorção da maioria das raízes da cana-de-açúcar (fenômeno chamado de seletividade de posição).

Outros parâmetros como volatilidade e fotodegradabilidade das moléculas de herbicidas também são importantes. Situações em que a aplicação é feita em condições de alta temperatura e baixa umidade relativa do ar devem ser evitadas, principalmente quando herbicidas voláteis e foto-degradáveis são utilizados. Agronomicamente, a volatilização pode ser minimizada com a incorporação mecânica do herbicida ou irrigação logo após sua aplicação, sendo que nas situações onde não é feita a incorporação é recomendável um monitoramento das condições climáticas. A meia-vida ($t_{1/2}$) está relacionada à degradação do herbicida. O conhecimento da meia-vida é importante para prever possíveis problemas em culturas subseqüentes que apresentem sensibilidade a determinado produto.

Portanto, para que um herbicida apresente eficácia adequada nas lavouras de cana-de-açúcar é necessário que este apresente algumas características fundamentais: Au-

sência de volatilidade e foto-degradabilidade, baixa adsorvidade aos colóides do solo e residual compatível com o período crítico de competição da cultura com as plantas daninhas (> 120 dias). Estas características são ainda mais importantes para os herbicidas que são aplicado no período seco do ano. Na tabela 2 estão apresentadas algumas características físico-químicas de herbicidas residuais utilizados em cana-de-açúcar, que podem auxiliar sua recomendação e entendimento da dinâmica destes herbicidas no solo.

Tabela 2. Comparação entre os parâmetros físico-químicos dos herbicidas aplicados em cana-de-açúcar. Retirado de Christoffoleti e Lopez-Ovejero, 2005.

Herbicidas	Parâmetros físico-químicos dos herbicidas utilizados em cana-de-açúcar				
	Solubilidade (mg/L) ¹	pKa ²	Koc ³	Adsorção ⁴	½ vida (dias) ⁵
Ametrina	200	4,1	300	forte	80
Amicarbazone	4.600	0,0	23-37	Fraca	Média
Clomazone	1100	0,0	300	Moderada	Média
2,4-D	600	2,8	Alto	Moderada	10
Diuron	42	0,0	480	Forte	90
Flazasulfuron	0,027 - 2,1	4,37	30-43	Moderada	9 - 120
Glyphosate	15.700	2,6-5,0 e 10,3	24.000	Muito Forte	12 - 25
Hexazinone	33.000	2,2	54	Fraca	120
Imazapic	2.200	3,9	-	Fraca	180
Imazapyr	11.272	1,9 e 3,6	1,02	Fraca	180
Isoxaflutole	6,2	4,3	134	Moderada	36
DKN	326	1,1	17	Fraca	160
Mesotrione	168,7	3,07	19-387	Forte	Curta
Metribuzin	1.100	---	60	Moderada	30 a 60
Oxyfluorfen	0,1	0,0	100.000	Forte	30 a 40
Paraquat	620.000	0,0	--	Muito forte	1.000
Pendimethalin	0,275	0,0	17.200	Forte	90 a 180
Tebuthiuron	2.570	0,0	80	Fraca	1 ano
Trifloxysulfuron	363	4,76	29-574	Forte	Curta
Trifluralina	0,3	0,0	7.000	Forte	45

¹ Solubilidade do herbicida em água, ² Constante de equilíbrio de ionização de um ácido fraco, que corresponde ao pH onde metade das moléculas estão ionizadas e metade não ionizadas, ³ Coeficiente de partição da molécula baseado no teor de matéria orgânica, que mede a adsorção da molécula, ⁴ Adsorção à partículas coloidais do solo (argila e matéria orgânica), ⁵ Tempo de permanência de pelo menos 50% da molécula de herbicida na forma original no solo.

Literatura Citada

CHRISTOFFOLETI, P. J.; LÓPEZ-OVEJERO, R. F. Dinâmica dos herbicidas aplicados ao solo na cultura da cana-de-açúcar. 1. ed. Piracicaba: Ed. do Autores, 2005. v. 1, 49 p.

LORENZI, H. Manual de identificação e controle de plantas daninhas: plantio direto e convencional. Nova Odessa, Instituto Plantarum, 2006. 239 p.



Reduced Tillage in Florida Sugarcane

C. Rainbolt¹

¹Everglades Research and Education Center-University of Florida/IFAS

In the United States, sugarcane was grown on approximately 373,000 ha in 2005 of which about 164,000 ha were produced in the state of Florida. In Florida, about 75% was grown on high organic matter (>65%) Histosols and the remainder was on low organic matter (<2%) sand soils. When drained, Histosols release high amounts of N and P due to microbial decomposition that can be utilized by crops. However, this microbial degradation also results in subsidence or loss of the Histosols. Research has indicated that frequent cultivation is one of the factors that can result in increased subsidence (Glaz, B. 1995). High amounts of organic matter in soils can have a negative impact on the duration of weed control from soil-applied herbicides (Koskinen and McWhorter 1986). Consequently, many Florida growers cultivate their fields as often as 10 times per season. In addition to the costs associated with these tillage operations, the excessive traffic in the field results in compaction and possibly increases the rate of soil subsidence.

The term "reduced tillage" can be used to describe farming systems that are completely no-till to those that in which the overall reduction in tillage is small. In the United States, reduced tillage is practiced on approximately 42 million hectares or 36.6% of planted cropland (Anonymous 2002). Conversion to reduced tillage systems in the United States has been primarily driven by concern over the long-term environmental and economic sustainability of agricultural systems. Benefits often associated with reduced tillage cropping systems include conservation of moisture, reduced compaction, reduced soil loss, and lower input costs (Colwick and Barker 1975; Dick et al. 1991; Dick and VanDoren 1985). Conversion to reduced tillage and no-till

in Australia was shown to reduce soil erosion in sugarcane fields (Glanville et al.1997).

Because of their historical reliance on tillage for weed management, growers often list weed control as their largest concern when considering adoption of reduced tillage (Koskinen and McWhorter 1986). In Florida, many growers also believe that in-row cultivation of the plant-crop promotes increased tillering and higher stand counts. Although reduced tillage is a standard practice in many U.S. cropping systems, concerns over reduced yields from increased weed pressure and lower stand counts have kept it from being adopted in Florida sugarcane. Researchers in Cuba and Australia have reported no differences in sugarcane yield between conventional and reduced tillage practices (Glanville et al. 1997, Pear et al. 1992). Research conducted in also Louisiana indicated that reduced tillage systems did not impact yields. However, they found that net profitability of a conventional vs. reduced tillage approach depended on the specific tillage practices and herbicide costs and application methods used (Judice et al. 2006).

Although many of the changes associated with reduced tillage systems are positive, removing tillage from a cropping system often has a major effect on weed populations (Buhler 1995; Gebhardt et al. 1985, Kegode et al. 1999). The severity of perennial infestations such as johnsongrass (*Sorghum halepense* L. Pers.), bermudagrass (*Cynodon dactylon* L. Pers.), and purple nutsedge (*Cyperus 5 rotundus* L.) increases after only a few years of reduced tillage (Triplett et al. 1983, Witt 1984). In order for a reduced tillage system to be sustainable, it is critical to develop herbicide programs that can successfully control problem weeds (Halvorson et al. 2002). The ultimate long-term success of reduced tillage in Florida sugarcane will depend on effectively and economically control weeds without relying on tillage.

Bibliography

Anonymous. **CTIC National Crop Residue Management Survey**. West Lafayette: Conservation Technology Information Center, 2002. Disponível em: < <http://www.ctic.purdue.edu/> >

BUHLER, D. D. Influence of tillage systems on weed population dynamics and management in corn and soybean in the Central USA. **Crop Science**, Madison, v. 32, p.1247-1258, 1995.

COLWICK, R. F.; BARKER, G. L. **Controlled traffic and reduced inputs for cotton production..** St. Joseph: ASAE, 1975. (ASAE Paper No. 75-1051).

DICK, W. A. Organic carbon, nitrogen and phosphorous concentrations and pH in soil profiles as affected by tillage intensity. **Soil Science Society of America Journal**, Madison, v. 47, p.102-107, 1983.

DICK, W. A.; DOREN, JR., D. M. van. Continuous tillage and rotation combination effects on corn, soybean, and oat yield. **Agronomy Journal**, Madison, v. 77, p. 459-465, 1985.

DICK, W. A.; MCCOY, E. L.; EDWARDS, W. M.; LAL, R. Continuous application of no-till to Ohio soils. **Agronomy Journal**, Madison, v. 83, p. 65-73, 1991.

GEBHARDT, M. R.; DANIEL, T. C.; SCHWEIZER, E. E.; ALLMARAS, R. R. Conservation Tillage. **Science**, Washington, v. 203, n. 4726, p. 625-630, 1985.

GLANVILLE, T. J.; TITMARSH, G.; SALLAWAY, M. M.; MASON, F. 1997. Soil erosion in caneland tillage systems. In: CONFERENCE OF THE AUSTRALIAN SOCIETY OF SUGAR CANE TECHNOLOGIST, 1997, Cairns. **Proceedings...** Toowoomba: Watson Ferguson, 1997. p. 254-262. Editado por B. T. Egan.

GLAZ, B. Research seeking agricultural and ecological benefits in the Everglades. **Journal of Soil and Water Conservation**, Ankeny, v. 50, p. 609-612, 1995.

HALVORSON, A. D.; PETERSON, G. A. REULE, C. A. Tillage system and crop rotation effects on dryland crop yield and soil carbon in the central Great Plains. **Agronomy Journal**, Madison, v. 94, p. 1429-1436, 2002.

JUDICE, W. E.; GRIFFIN, J. L.; JONES, C. A.; ETHEREDGE, L. M; SALASSI, M. E. Weed control and economics using reduced tillage programs in sugarcane. **Weed Technology**, Champaign, v. 20, p. 319-325, 2006.

KEGODE, G. O.; FORCELLA, F.; CLAY, S. Influence of crop rotation, tillage, and management inputs on weed seed production. **Weed Science**. Ithaca, v. 47, p.175-183, 1999.

KOSKINEN, W. C.; MCWHORTER, C. G.. 1986. Weed control in conservation tillage. **Journal of Soil and Water Conservation**, Ankeny, v. 41, p. 365-370, 1986.

PEAR, E.; BOUNZA, H.; MORALES, M.; LOPEZ, N.; HERNANDEZ, S.; MARTINEZ, I. Influence of two soil technologies on the nutrient absorption, radical development and sugarcane yield. **Ciencias del Suelo, Riego Y Mechanizacion**, La Habana, v. 2, p. 25-35, 1992

TRIPLETT, G. B.; ABERNATHY, J. R.; FENSTER, C. R.; FLINCHUM, W.; LINSKOTT, D. L.; ROBINSON, E. L.; STANDIFER, L.; WALKER, J. D. **Weed control for reduced tillage systems (AD-FO-2279)**. Washington D.C.: Extension Service, U.S. Dept. Agr, 1983. 8 p.

WITT, W. W. Response of weeds and herbicides under no-tillage conditions. In: PHILLIPS, R. E.; PHILLIPS, S. H. (Ed.). **No-Tillage Agriculture: principles and practices**. New York: Van Nostrand Reinhold, 1984. p. 152-170.

Uso de Maturadores na Cultura da Cana-de-Açúcar

*Antônio Marcos Iaia¹, Pedro Jacob Christoffoleti², Marcelo Nicola³,
Murilo Sala Moreira⁴, Ana Carolina Ribeiro Dias⁵,
Saul Jorge Pinto de Carvalho⁶*

Prof. Dr. Universidade Federal do Mato Grosso, Brasil¹, Prof. Dr. - ESALQ - USP², Doutorando em Fitotecnia - ESALQ - USP³, Mestrando em Fitotecnia - ESALQ - USP⁴, Mestranda em Fitotecnia - ESALQ - USP⁵,
Doutorando em Fitotecnia - ESALQ - USP⁶

O custo de produção do açúcar, álcool e demais derivados proveniente da cana-de-açúcar e a viabilidade econômica de sua industrialização estão intimamente relacionados com a quantidade de açúcares presentes nos colmos industrializáveis enviados para o processamento através da operação de colheita. Os custos das operações de corte, carregamento, transporte e processamento da matéria prima estão fortemente relacionados com a qualidade e quantidade do material transportado para a indústria necessário para produzir cada tonelada de açúcar, litro e álcool ou derivados (Morgan et al., 2007).

A colheita da cana-de-açúcar ocorre normalmente quando a quantidade de açúcares presente no colmo atinge valores máximos. Existem vantagens econômicas em iniciar a colheita da cana-de-açúcar precocemente, pois o produtor pode disponibilizar açúcar álcool e derivados no mercado em um momento de escassez, obtendo preços de venda mais compensadores.

Acúmulo de sacarose no colmo precocemente é uma forma de antecipar a colheita ou de se obter melhores rendimentos industriais a partir da matéria prima do início da safra, sendo que isso é possível através da aplicação de maturadores. Os maturadores têm sido testados em vários experimentos em diversos países, desde 1920 (Gilbert *et al.* 2002). No entanto a adoção da técnica de aplicação desses produtos foi praticamente insignificante até meados de 1970, quando surgiu o ethephon e de compostos baseados no glyphosate (Eastwood e Davis 1997).

Nos dias de hoje, produtores da África do Sul (Donaldson 1999), Brasil (Resende *et al.* 2001), Indonésia (James *et al.* 2002), Guiana (Eastwood e Davis 1998), and Mauritius (Soopaya e Nayamuth 2001) utilizam de forma rotineira os maturadores, dentre o produtos mais utilizados estão, ethephon, glyphosate e fluazifop-p-butil produtos estes, aplicados com o objetivo de melhorar a qualidade do produto colhido.

O ethephon, ácido 2-cloro-etil fosfônico, tem-se revelado eficiente agente maturador da cana-de-açúcar, é um produto químico estável quando mantido em pH ácido, abaixo de 3,5, que libera o etileno quando em contato com o tecido vegetal, que possui um pH mais elevado (Tomlin, 1994). Seu mecanismo de ação esta relacionado à paralisação temporária do crescimento vegetativo do meristema apical, com isso o açúcar produzido passa a ser armazenado, acarretando a elevação do seu teor nos colmos. A aplicação exógena de etileno ou a síntese de etileno endógeno, motivada por aplicações de reguladores vegetais, herbicidas ou estresses de qualquer natureza, estimula a atividade da enzima PAL (fenilalanina amônio-liase), o que leva a planta a aumentar a síntese de compostos fenólicos, provocando ainda a inibição do crescimento do colmo e seu engrossamento, inibição da florescência, restringe o volume do parênquima sem caldo, aumenta o teor da sacarose e antecipa a colheita se aplicado no inicio da diferenciação floral.

As mudanças impostas pela aplicação do ethephon pode persistir por 60 a 90 dias dependendo da variedade de cana-de-açúcar em questão. Após este período a medida que o crescimento da cana-de-açúcar se restabelece, o teor de sacarose pode ser reduzido, atingido o nível que normalmente teria sem a aplicação do ethephon. Sendo assim é recomendável que a colheita da área que recebeu a aplicação seja feita até os 60 a 90 dias, para que os efeitos do maturador sejam compensados pelo incremento da qualidade da matéria prima.

Deuber, 1988, relata ainda que a eficiência da aplicação do ethephon esta associada as condições ambientais, de forma que em algumas situações as aplicações de ethephon tiveram uma produtividade menor que as áreas sem aplicação do ethephon. As aplicações de ethephon mostram-se ser mais eficientes em ambientes com temperaturas moderadas (23-28 C) e umidade relativa do ar entre 50-70%, no entanto, aplicações em ambientes com temperaturas elevadas e baixa umidade relativa do ar a aplicação do ethephon é comprometida (Klein et al., 1978). A importância das condições ambientais pode justificar em muitos casos os resultados de ineficácia do ethephon em diversos trabalhos de pesquisa (Morales, 1980; Salata et al.,1992), já no entanto, o trabalho de Morgan et al.,(2007), das 42 variedades de cana-de-açúcar testadas 31 mostraram resultados positivos, os autores descrevem ainda que a eficácia do ethephon esta associada a variedade, a época de aplicação e ao intervalo entre a aplicação e a colheita.

Maynard e Swan, (1963) e Biddle et al., (1976) comprovam que a transformação do ethephon em etileno procede apenas em pH acima de 4,5 e em altas temperaturas. Experimentos realizados com maturação em oliveiras, comprovou que as aplicações de ethephon em pH 7,0 foram mais eficiente do que aplicações em pH baixo, segundo os autores isso pode estar associado com as altas taxas de liberação do etileno provocado pelo alto pH (Epstein et al., 1977; Ben-tal e Lavee, 1976).

Referências Bibliográficas

BEN-TAL, Y.; LAVEE, S. Increasing the effectiveness of ethephon for olive harvesting. **HortScience**, Alexandria, v. 11, p. 489-490, 1976.

BIDDLE, E.; DOUGLAS, G. S.; KERFOOT, Y. H. K.; RUSSEL, K. E. Kinetic studies of the thermal decomposition of 2-chloroethylphosphonic acid in aqueous solution. **Plant Physiology**, Bethesda, v. 58, p. 700-702, 1976.

DEUBER, R. Florescimento e maturação da cana-de-açúcar. In: SEMINÁRIO DE TECNOLOGIA AGRONÔMICA, Piracicaba, SP, **Anais...** Piracicaba: Coopersucar, 1986. p. 585-593.

DONALDSON, R. A. Sugar cane ripening in South África - review of past decade. In: INTERNATIONAL SOCIETY OF SUGAR CANE TECHNOLOGISTS, 23., 1999. **Proceedings...** Cartagena: ISSCT, 1999. p. 22-26.

EASTWOOD, D.; DAVIS, H. B. Chemical ripening in Guyana. II. Successful commercial implementation. **International Sugar Journal**, Bucks, v. 100, p. 89-95, 1998.

GILBERT, R. A.; BENNET, A. C.; DUSKY, J. A. LENTINI, R. S. **Sugar cane ripeners in Florida..** [Gainesville]: University of Florida/ Agronomy Department, 2002. (Document SS-AGR-215)

KLEIN, I.; EPSTEIN, E.; LAVEE, S.; BEN-TAL, Y. Environmental factors affecting ethephon in olive (*Olea europaea* L.). **Science Hort**, v. 9, p. 21-30, 1978.

MAYNARD, J. A.; SWAN, J. M. Organophosphorus compounds 2-chloroethylphosphonic acid as phosphorylating agents. **Australian Journal of Chemistry**, Victoria, v. 16, p. 596-608, 1963.

MORALES, M. C. Effects of ripeneres on sugar quality in cultivar H50-2036. In: CONGRESS OF ISSCT, 17., 1980, Manila. **Proceedings...**Manila: ISSCT, 1980. p. 618-628, 1980.

MORGAN, T.; JACKSON, P.; McDONALD, L.; HOLTUM, J. Chemical ripeners increase early season sugar content in a range of sugarcane varieties. **Australian Journal of Agricultural Research**, Victoria, v. 58, p. 233-241, 2007.

Capítulo 6

Manejo Integrado de Plantas Daninhas em Soja

Evolução no Manejo de Plantas Daninhas em Soja

Dionísio L.P. Gazziero¹; Elemar Voll¹; Fernando S. Adegas¹

¹Embrapa Soja Rodovia Carlos João Strass / Orlando Amaral, CP 231, Londrina, PR, CEP 86001-970. gazziero@cnpso.embrapa.br. Palestra apresentada no XXVI CBCPD/XVIII ALAM

Introdução

Manejar plantas daninhas significa gerenciar ou administrar o "problema planta daninha" e não apenas controlar plantas daninhas. No manejo de plantas daninhas um conjunto de técnicas podem ser empregadas, que vão além da aplicação de herbicidas. Entre as alternativas disponíveis para o controle das espécies infestantes, encontra-se o controle químico, cultural, manual, mecânico, e o biológico, além da erradicação e da prevenção. Porém, quando se pensa em manejar essas espécies, especificamente na cultura da soja, as alternativas se tornam ainda mais limitadas. Por ser uma alternativa prática e de rápida execução, o controle químico tornou-se o método mais utilizado, em detrimento das demais técnicas. Com o tempo, em muitas áreas de produção, e a despeito da evolução das moléculas de herbicidas disponibilizadas ao mercado brasileiro, constatou-se maiores dificuldades de controle das espécies infestantes, de modo que foi preciso aumentar o número de produtos utilizados e o número e aplicações. Ainda assim, em muitas situações as lavouras eram colhidas no mato. Aprendemos que não se pode pensar apenas no controle em soja. As plantas daninhas que ocorrem na cultura da soja devem ser motivo de preocupação o ano todo. Ao longo da história do manejo de plantas daninhas em soja, importantes modificações aconteceram em relação ao uso da terra e práticas culturais adotadas, o que influenciou na seleção das espécies. Muitas delas se adaptaram às condições de cultivo e ao clima. Plantas com características de inverno, como a *Raphanus raphanistrum* (nabiça), ou de

verão, como *Bidens spp* (picão-preto) e *Euphorbia hetherophylla* (amendoin-bravo), começaram a germinar e se estabelecer durante todo o ano. Boa parte das lavouras de soja adota técnicas de manejo que podem ser considerados exemplares e a planta daninha é apenas mais um item a ser considerado no sistema de produção. Enquanto isso, em outras propriedades, a planta daninha além de ser um fator que onera significativamente os custos de produção, é também a responsável por consideráveis perdas de rendimento e da qualidade do produto. Para muitas dessas propriedades, a soja geneticamente modificada resistente ao glyphosate representou uma nova oportunidade para controlar as plantas daninhas, porém é preciso ter em mente que mesmo com a soja transgênica é fundamental que os conceitos sobre o manejo integrado continuem a ser utilizados, para evitar que essa nova solução também se torne temporária.

As Alternativas de Controle

Algumas alternativas de controle são difíceis de serem adotadas na cultura da soja, como é o caso do controle biológico. Embora tenha sido bastante estudado, não foi possível até o momento adotar esse método como uma prática de controle. Experimentalmente bons resultados foram obtidos com o uso de *Helminthosporium euphorbiae* para o controle amendoin-bravo. Esporos do fungo foram formulados e aplicados, com sucesso, da mesma forma prática que um herbicida qualquer. No entanto, um ambiente de soja é um ambiente constantemente alterado, o que por si só dificulta a implantação do controle biológico. Alguns fatores contribuíram para a descontinuidade do programa, entre eles a dependência do patógeno por fatores climáticos, as dificuldades para encontrar formulações que pudessem solucionar esse problema, a manifestação de biótipos resistentes ao fungo e ao fato das plantas daninhas viverem em comunidades, o que exige produtos de amplo espectro. Associado a todos esse fatores, produtos químicos eficientes para a. bravo e outras espécies foram lançados

no mercado, diminuindo ainda mais o interesse por este tipo de alternativa.

Outra alternativa citada para o controle de plantas daninhas é a erradicação. Erradicar plantas daninhas em lavouras que utilizam áreas de grande extensão, como é o caso da soja, é uma tarefa difícil e cara de ser executada. Quase impossível, dependendo da espécie. Por isso, é mais fácil ter como meta a convivência. Porém, nesses casos, o domínio deve ser do homem e não da planta daninha. Se for difícil erradicar, o mais fácil é prevenir. A prevenção é uma ferramenta extremamente eficaz, mas que sempre foi muito pouco considerada pelos agricultores e técnicos no Brasil. Quando da abertura de novas áreas de produção no sul do país, assim como nas áreas de expansão da soja na região central do Brasil, poucos se preocuparam em prevenir a disseminação das espécies infestantes. Foi igualmente possível constatar o baixo grau de importância atribuído à prevenção, assim que registrada a resistência das plantas daninhas a herbicidas no Brasil. Observou-se que a prevenção na introdução desses biótipos em novas áreas não foi considerada como deveria, e o crescimento desse problema aconteceu muito mais rapidamente do que poderia ser esperado. Sabe-se que existem diversos meios que permitem a contaminação de novas áreas, mas sem dúvida, as colhedoras assumiram importante papel nesse caso. De certa forma a disseminação via colhedoras pode ser explicada pelo modelo agrícola. Especialmente a região sul do país contempla um grande número de pequenas propriedades, cuja renda não permite a compra da máquina própria. Assim, o aluguel tornou-se uma prática comum. Máquina alugada circula de uma propriedade para outra sem tempo para ser devidamente limpa, de modo que tal prática tornou-se um potencial contaminador.

No passado, o controle mecânico foi muito utilizado em soja, porém caiu em desuso. Além de difícil aplicação, é ineficaz para controlar plantas daninhas na linha de semeadura, mas isso não significa que deva ser abolido. Para de-

terminadas condições tem utilidade reconhecida, especialmente nos cultivos orgânicos e nas pequenas propriedades. Já a capina manual é uma alternativa tida como muito eficaz, mas que tem sido evitada devido não só a limitação da mão de obra, mas principalmente pelos problemas trabalhistas que envolvem essa alternativa.

Tudo isso contribuiu para adoção em larga escala do controle químico. Apesar da reconhecida eficiência, o controle de plantas daninhas em soja não pode estar baseado apenas nesse método. Por si só ele pode não ser suficiente para resolver o problema das plantas infestantes em soja. Poderá ser por um período, mas no médio e longo prazo os problemas aparecem. A experiência ao longo dos anos comprova essa afirmação. A necessidade da mistura de herbicidas, do uso de misturas tríplice, a redução do nível de controle, a seleção de espécies e a manifestação de biótipos tolerantes e resistentes são provas contundentes de que o controle não pode estar baseado em apenas uma alternativa. Indiscutivelmente a combinação do controle químico com o controle cultural tem sido o caminho para solução dos problemas com plantas daninhas em soja. O método chamado cultural contempla várias alternativas que podem ser utilizadas como importantes ferramentas no manejo das plantas daninhas, a exemplo da rotação de culturas, do uso de espécies para produção cobertura morta e da adoção de técnicas que permitam o rápido e vigoroso crescimento da cultura, como a adubação adequada, a escolha de variedade adaptada, época de semeadura e manejo do solo. A menor incidência de plantas daninhas de folha larga e estreita foi observada ainda nos anos 90 ao se associar a rotação de culturas com a semeadura direta. A influência do manejo do solo sobre a emergência de plantas de *Brachiaria plantaginea* (*capim marmelada*) foi observada ao se comparar a semeadura direta da soja sobre palha de aveia e de trigo com semeadura convencional.

Lamentavelmente, constata-se que nos últimos anos houve significativa redução na rotação de culturas e no uso

de aveia e outras espécies para a formação de cobertura morta. As vantagens da rotação de culturas e do sistema de semeadura foram amplamente comprovadas em experimentos de longa duração. Para manejar é necessário analisar quais práticas são possíveis de serem utilizadas. Cabe ao Engenheiro Agrônomo o papel de convencer o agricultor das vantagens e da necessidade da integração de métodos de controle que permitam o manejo de plantas daninhas. Também é preciso considerar que o custo na prevenção, no controle, na ocupação da área e na redução do banco de sementes são investimentos com retorno garantido. Ao longo dos anos foi possível verificar que em algumas propriedades o controle das plantas daninhas ficou praticamente insustentável na soja. Para o manejo não existe uma receita pronta. Cada caso, ou cada tipo de problema, exige uma análise própria e diferenciada. Uma vez encontrada a solução é preciso considerar que não será definitiva e que as plantas daninhas tem uma dinâmica que exige constante acompanhamento.

Fatos da história

1) Sobre os herbicidas:

Aretite, Premerge, Vernan, Surflan, Treflan, Iloxan, Basagran, Lexone, Sencor, Afalon, Lorox, Herbadox, Grasmatic, Bladex, Tackle, Dual, Laço e Fist fazem parte do primeiro grande grupo de marcas comerciais de herbicidas utilizados em soja. Alguns desses produtos continuam no mercado por possuírem características ainda aceitáveis, e parte deles são desconhecidos ou foram descontinuados por terem perdido a finalidade. Treflan foi durante muitos anos o produto mais aplicado. Seu uso estava associado ao sistema convencional de semeadura da soja e exigia a incorporação com grade niveladora, o que muito contribuiu para a erosão dos solos. Iloxan foi o primeiro pós-emergente graminicida, mas devido sua ação limitada ao estágio da invasora perdeu rapidamente o mercado para o Poast.

Premerge e Aretite controlavam o amendoim-bravo, porém causavam severa fitointoxicação e foram excluídos do mercado. Nos anos 70, muitos herbicidas utilizados em outras culturas foram testados para a soja, um mercado em franca expansão. Gramoxone e Reglone competiam com Roundup, que apesar de reconhecidamente eficiente, tinha o inconveniente de custar U\$ 25 por litro. Gramocil veio para substituir Reglone e o 2,4-D foi lançado no mercado para reduzir custo e aumentar a eficiência das dessecações em pré-secagem. Cada um desses herbicidas representa uma parte da história do manejo de plantas daninhas. Um segundo grande grupo de herbicidas da soja surgiu nos anos 80. Poast e Scepter tiveram ampla e rápida aceitação por permitirem o controle de espécies então consideradas como os grandes problemas da soja, o capim-marmelada e o amendoim-bravo. Classic e Pivot consolidaram essa geração que tinha como característica o uso de baixas doses e produtos menos agressivos ao ambiente e ao homem. Cobra, que a princípio era rejeitado devido a fitointoxicação que causava, acabou tendo ampla aceitação e uso pelo fato de controlar amendoim-bravo, que a essa altura já manifestava resistência ao uso de Scepter. A manifestação da resistência no Brasil está claramente associada ao uso inadequado dos herbicidas. Não havia a preocupação com rotação de mecanismos de ação. Utilizavam-se frequentemente doses abaixo das recomendadas e a mistura de Classic e Pivot, inibidores da ALS, passou a ser usual. Quanto à tecnologia de aplicação, apenas mais recentemente é que esta começou a ser considerada como fundamental para o uso dos agrotóxicos. Ainda assim, não recebe a necessária atenção e lamentavelmente a grande maioria dos pulverizadores no Brasil apresentam algum tipo de problema. Muitos erros foram cometidos nas aplicações, o que contribuiu para reduzir a performance do controle. Finalmente surgiu a tecnologia da soja geneticamente modificada para a resistência ao glyphosate. Uma solução para muitas áreas, mas se não for utilizada corretamente, com o tempo poderá perder as vantagens que hoje motivam a adoção.

2) Sobre a semeadura direta:

A história também foi marcante em relação a evolução do sistema de semeadura, e por conta disso ocasionaram grandes mudanças na comunidade infestante. Em 1971, aconteceram as primeiras experiências com o plantio direto, que cresceu rapidamente nos anos que se seguiram. Apesar das vantagens, até o final da década de 70, mais de 60% dos agricultores que não adotavam ou que abandonavam o sistema atribuíam o fato ao custo e ineficiência dos herbicidas e as dificuldades com o manejo das plantas infestantes. Nos anos 80, o plantio direto começou a ter novo impulso com o desenvolvimento de novas técnicas, como o aperfeiçoamento de discos de corte nas semeadeiras, que revolviavam menos o solo, e pela entrada de novos herbicidas no mercado, como o glyphosate e os graminicidas para uso em pós-emergência na soja. Da mesma forma, o desenvolvimento de espécies para produção de palha e cobertura do solo contribuiu com o sistema e ajudava no controle das plantas daninhas. Se no princípio controlar plantas daninhas em áreas de plantio direto era um desafio intransponível, para a maioria dos agricultores a mudança foi tão grande que hoje se trata simplesmente de mais uma operação a ser feita. Atualmente a semeadura direta tem contribuído para a implantação de sistemas que integram lavoura e pecuária. Essa prática, entre tantas vantagens e benefícios, tem ajudado no manejo das plantas daninhas e sem dúvida é uma importante alternativa para a solução de problemas com plantas infestantes.

3) Sobre as plantas daninhas:

Quanto à comunidade infestante, a maioria das espécies relatadas como problemas no início do cultivo da soja no Brasil, continuam na lista das invasoras da cultura, mas observou-se uma grande mudança no grau de importância que cada espécie assume. *Brachiaria plantaginea* (capim-marmelada) teve sua presença e importância reduzida ao longo dos anos, especialmente nas áreas de semea-

dura direta. No entanto, durante muito tempo era tida como a principal infestante da soja. Nesta mesma época já se observava a presença de *Digitaria insularis* (capim-amargoso) e *Conyza spp* (buva), mas estava longe de ser o problema que é hoje. A buva, considerada um sério problema por apresentar biótipos resistentes ao glyphosate, no passado, da mesma forma que aparecia em alguns anos desaparecia em outros. Já naquela época sabia-se que ocorrência de buva era significativamente reduzida com a ocupação da área por culturas como trigo e aveia. Em áreas do cerrado, *Acanthospermum australe* (carrapicho rasteiro) aparecia com frequência e hoje sua importância é relativamente pequena. Essa espécie estava associada à abertura de novas áreas e as condições de fertilidade do solo, que bem manejado ajudava no seu controle. *Commelina bengalensis* (trapoeraba) era mais comum em locais quentes, úmidos e em solos de alta fertilidade. Hoje é problema em todo o Brasil e no Rio Grande do Sul, onde começa a ser citada apesar das condições de clima e solo daquele estado. Ao longo da história observou-se a ocorrência surtos de infestação de algumas espécies, como o caso do *Desmodium* (carrapicho beijo-de-boi), que foi levado pelas colhedoras da região do cerrado e disseminados no norte do Paraná. Esse surto desapareceu com a adoção técnicas adequadas de controle. As mudanças na comunidade infestante ocorreram não só pelo uso dos herbicidas, mas também pelo sistema de semeadura e práticas culturais adotadas. Mais recentemente, as mudanças aconteceram em função do cultivo das chamadas culturas de safrinha, caracterizadas pelo milho, sorgo e outras. Devido ao risco inerente dessas culturas, durante pelo fato de serem cultivadas a partir de fevereiro, os primeiros anos com essa nova sistemática de plantio, praticamente não se utilizava herbicidas, e assim como acontece nas áreas de pousio, tornaram-se locais de multiplicação, aumentando rapidamente o banco de sementes, com reflexos na safra da soja. As plantas daninhas adaptaram-se as novas condições e onde antes um ou dois herbicidas eram suficientes para resolver o problema passou a ser necessá-

rio aplicações de tríplice mistura. E mais, onde antes se utilizava uma aplicação passaram a ser feitas duas a três aplicações de produtos em mistura e, em certos casos, até quatro aplicações, pois o banco de sementes foi potencializado devido ao manejo inadequado da área. Isso ajuda explicar a corrida para a soja RR que aconteceu no Rio Grande do Sul e em parte das lavouras das demais regiões produtoras de soja. A soja RR representou para muitos produtores uma nova oportunidade de reverter uma situação quase que incontornável em relação as plantas infestantes. Muitas áreas de produção estavam técnica e economicamente se inviabilizando devido ao problema com as plantas daninhas. Estas ganharam uma nova chance de continuar na produção de soja. No entanto, a pergunta sobre qual o destino dessas áreas super infestadas se não fosse a alternativa da soja RR, ainda se mantém. Certamente só teriam uma solução, voltar a utilizar técnicas de manejo da área, das culturas e das plantas daninhas. Por outro lado, aqueles agricultores que sempre adotaram a filosofia de manejar as plantas daninhas, nunca tiveram pressa nem necessidade de mudar do cultivo da soja convencional para a transgênica. O manejo de plantas daninhas na soja transgênica incorporou um novo herbicida no sistema de produção, o glyphosate, que representa mais uma ferramenta no manejo e a oportunidade de rotacionar um produto com diferente mecanismo de ação para controlar plantas resistentes. Mas esse produto também poderá ser vulnerável, pois os mecanismos de seleção aos herbicidas e a dinâmica das populações de plantas daninhas estão na dependência dos níveis de pressão seletiva que vem sendo adotados no decorrer do tempo. Fica o alerta ao se observar que algumas áreas que cultivam a soja transgênica continuam a manejar inadequadamente as plantas daninhas como manejavam na soja convencional.

Literatura Consultada

BARNES, J. W.; OLIVER, L. R. Cultural practices and glyphosate applications for sicklepod (*Senna obtusifolia*) control in soybean (*Glycine max*). **Weed Technology**, Champaign, v. 17, n. 3, p. 429-440, 2003.

CULPEPPER, A. S. et al. Weed Management in glyphosate- and glyphosate-resistant soybean (*Glycine max*). **Weed Technology**, Champaign, v. 14, p. 77-88, 2000.

GAZZIERO, D. L. P. Control of weeds in no-tillage cultivation. In: NOTILLAGE CULTIVATION OF SOYBEAN AND FUTURE RESEARCH NEEDS IN SOUTH AMERICA, 1998, Foz do Iguaçu. **Proceedings...** [S.l]: JIRCAS, 1998. p. 43-52.

GAZZIERO, D. L. P. et al. **As plantas daninhas e a semeadura direta**. Londrina: Embrapa Soja, 2001. 59 p.(Embrapa Soja. Circular Técnica, 33).

GAZZIERO, D. P. L. **Manejo de Plantas Daninhas em Áreas Cultivadas com Soja Geneticamente Modificada para a Resistência ao Glyphosate**. 2003. 143 f. Tese (Doutorado em Agronomia) - Universidade Estadual de Londrina, Londrina.

PAYNE, S. A.; OLIVER, L. Weed control programs in drilled glyphosate-resistant soybean. **Weed Technology**, Champaign, v. 14, p. 413-422, 2000.

RUEDELL, J. Efeito do manejo do solo e da rotação de culturas sobre a população de plantas daninhas e na produtividade das culturas. In: JORNADAS NACIONALES DE CERO LABRANZA, 1., 1990, Concepcion. [trabajos]... Concepcion: Sociedad de Conservacion de Suelos de Chile, 1990. p.169-182.

Capítulo 7

*Variedades Resistentes a Herbicidas:
Legislação e Liberação*

1.

1990
1991
1992

1993
1994

1995

1996
1997

1998

2.

Variedades Resistentes a Herbicidas: Legislação e Liberação

Aluízio Borém¹; Fabrício R. Santos²

¹Eng. Agrônomo, M.S., Ph.D. e Professor da Universidade Federal de Viçosa. E-mail: borem@ufv.br; ²Biólogo, M.S., Ph.D. e Professor da Universidade Federal de Minas Gerais. E-mail: fsantos@icb.ufmg.br

A biotecnologia, com as suas várias subáreas, como a cultura de tecidos, marcadores moleculares e engenharia genética, tem como meta o desenvolvimento de produtos e serviços úteis à sociedade moderna. A importância e contribuição de cada uma dessas subáreas para a agricultura atual é indiscutível. A cultura de tecidos na preservação de germoplasma, os marcadores no mapeamento de genes e no estudo da diversidade genética e a engenharia genética no desenvolvimento de variedades geneticamente modificadas são exemplos claros da utilização desta tecnologia no setor agrícola.

Algumas das perguntas mais comuns no meio das ciências agrárias durante a década de 80 e início da de 90 eram: seria a biotecnologia a solução para a fome no mundo? Ela substituiria o melhoramento genético convencional? Para os que se aventuravam nesta nova ciência, as perguntas soavam como estímulo e desafio. Para os que não se sentiam parte dela, as perguntas soavam como uma ameaça de se perder o bonde da história. Décadas se passaram, e as previsões feitas podem, hoje, ser comparadas com a realidade do produtor rural no campo.

Embora na maioria dos fóruns de debate haja pessoas a favor da biotecnologia, também existem os contras. Os riscos e benefícios desta tecnologia biológica continua aquecendo calorosos debates. Vários filósofos acreditam que a polarização da sociedade tem vários aspectos benéficos, pois sinaliza para os cientistas que há necessidade de se estar vigilante, atentando, constantemente, para os possíveis riscos do novo.

Se muitos fizeram previsões de que a biotecnologia resolveria os problemas da agropecuária e acabaria com a fome no mundo, outros céticos acreditavam que ela não seria capaz de gerar produtos comerciais que fossem competitivos no mercado mundial. Talvez a avaliação mais equilibrada destas primeiras décadas da biotecnologia aplicada à agropecuária seja de que tanto as previsões dos mais otimistas quanto as dos mais céticos estavam erradas.

Hoje, a sociedade é testemunha de que a biotecnologia desenvolveu produtos e serviços com impacto na vida do produtor rural e dos consumidores em vários países. Os organismos geneticamente modificados (OGMs), tais como as variedades transgênicas de soja, milho, algodão, canola, mamão, arroz, tomate e várias outras espécies, vêm conquistando a preferência de agricultores desde que a primeira variedade transgênica, o tomate "Flavr Savr" lançado em 1994, atingiu o mercado. Até 2007, a área cultivada com transgênicos havia atingido a marca de 102 milhões de hectares, plantados em 22 países, caracterizando um contínuo aumento da adoção desta tecnologia pelos produtores. Na cultura da soja, cerca de 36% da área mundial plantada é composta de variedades transgênicas. A área cultivada com transgênicos continua crescendo anualmente no mundo. A expectativa do Departamento de Agricultura dos Estados Unidos (USDA) é de que a área de plantio com transgênicos aumente gradativamente. Portanto, de acordo com o USDA, a controvérsia em torno do plantio de transgênicos aparentemente não diminuiu o desejo dos produtores americanos plantarem as variedades geneticamente modificadas.

Na produção animal, as primeiras linhagens transgênicas estão chegando mais lentamente. O primeiro animal transgênico a ser disponibilizado comercialmente em larga escala foi o salmão. O salmão transgênico foi liberado no mercado norte-americano em 2001, após rígida avaliação da sua segurança para a alimentação humana e para o meio ambiente.

Mesmo com vários transgênicos no mercado, não resta dúvida de que a biotecnologia não resolveu todos os problemas da agropecuária nem acabou com a fome no mundo. Conhecendo a complexidade da agropecuária e as várias nuances do problema da fome, acredita-se que a biotecnologia seja apenas mais uma das tecnologias que podem contribuir para o bem-estar da sociedade, constituindo apenas parte integrante da solução dos vários desafios do produtor rural em produzir alimentos de elevada qualidade e em quantidade adequada para suprir a demanda mundial, sem agredir o meio ambiente.

Aspectos Econômicos

A agropecuária é o maior setor da economia mundial. A produção e comercialização de alimentos, fibras e outros produtos da agropecuária movimentam direta ou indiretamente o maior volume de recursos do mundo. O *agribusiness* tem impacto na vida de todos os habitantes do planeta, pois nenhum ser humano pode se alimentar ou vestir de forma independente da agropecuária.

As aplicações da biotecnologia na agropecuária têm mercado potencial estimado de U\$67 bilhões por ano. Dessa forma, não é surpresa que existam interesses econômicos de vários grupos multinacionais nesta nova ciência.

A competição por este mercado tem motivado as empresas a dedicarem grande parte de suas receitas à pesquisa e ao desenvolvimento de novos produtos. Vários desses grupos estão trabalhando no desenvolvimento de animais e plantas transgênicos com maiores produtividade, resistência a doenças e insetos, qualidade nutricional, tolerância a estresses do meio ambiente etc.

Transgênicos na Agricultura

A população mundial ultrapassou seis bilhões de habitantes, o que significa sua duplicação nos últimos 40 anos.

Enquanto não se observa uma iniciativa global de redução populacional, a expectativa é de que a população mundial deva atingir nove bilhões de habitantes próximo a 2040, gerando uma demanda por alimentos 250% superior à atual.

O aumento na oferta de alimentos pode vir, em parte, da expansão das áreas cultivadas, com a incorporação de novas áreas ao sistema produtivo. Essa opção é extremamente pequena ou inexistente em vários países desenvolvidos, onde toda a área disponível já vem sendo utilizada pela agricultura. No Brasil, a expansão da fronteira agrícola ainda é possível, uma vez que existem grandes áreas agricultáveis que ainda não estão sendo exploradas, embora isso possa significar enorme prejuízo ambiental. O aumento da oferta de alimentos pode também vir da redução das perdas na produção, quer sejam elas causadas pela incidência de pragas e doenças, quer por problemas na colheita. As perdas no transporte e no armazenamento também contribuem para uma menor oferta de alimentos. Finalmente, o incremento na produção pode advir do aumento da produtividade das variedades plantadas. A biotecnologia pode contribuir em todos esses três aspectos para aumentar a oferta de alimentos. No que diz respeito à expansão da fronteira agrícola, a biotecnologia pode contribuir com o desenvolvimento de variedades especialmente adaptadas a áreas⁷ marginais, por exemplo mais Resistentes à seca ou a solos com baixa fertilidade.

As pragas, doenças e plantas daninhas não somente reduzem a produtividade agrícola, como também contribuem para elevação do custo de produção, pois demandam dos produtores a aplicação de defensivos agrícolas. Outro grande inconveniente associado aos defensivos agrícolas é a poluição ambiental e a presença de resíduos químicos nos alimentos. Existem cerca de 40.000 espécies de microrganismos que causam doenças nas plantas e aproximadamente 30.000 espécies de plantas daninhas que competem com as culturas por nutrientes, água, espaço físico e luz, redu-

zindo a produtividade. As primeiras variedades transgênicas plantadas em larga escala foram desenvolvidas para facilitar o controle de plantas daninhas, como é o caso da soja Resistente ao herbicida glifosato.

Variedades de Plantas Resistentes a Herbicidas

A dificuldade no controle de plantas daninhas por meio de herbicidas está no fato de não existir um produto químico que seja eficiente contra um amplo espectro de plantas daninhas e que não cause injúrias à cultura. Normalmente, quando o herbicida controla bem as espécies de folhas estreitas, como as gramíneas (capins, gramas, milho etc.), ele tende a não ser eficiente em espécies de folhas largas (caruru-de-porco, soja, feijão etc.). O desenvolvimento de variedades Resistentes aos herbicidas tem sido um dos grandes esforços empreendidos pelas empresas de biotecnologia, e hoje existem variedades de espécies vegetais que são Resistentes a herbicidas não-seletivos, isto é, que controlam quase todos os tipos de plantas daninhas.

Variedades Roundup Ready

Uma das primeiras características transgênicas a serem incorporadas às variedades de soja e algodão foi tolerância a herbicidas. Comercialmente, cultivares de soja RR e de algodão RR estão disponíveis desde 1996 e 1997 nos EUA, respectivamente.

As primeiras variedades transgênicas Resistentes a herbicidas foram desenvolvidas pela Monsanto. Estas variedades são conhecidas como *Roundup Ready*, uma vez que são Resistentes ao herbicida glifosato, cujo nome comercial é Roundup. O herbicida glifosato bloqueia a síntese de aminoácidos aromáticos nas plantas ao se ligar e inativar a enzima EPSP, essencial na rota bioquímica da síntese desses aminoácidos.

O efeito do glifosato em plantas susceptíveis deve-se à competição com o substrato fosfoenolpiruvato (PEP) pelo sítio de ligação à enzima 5-enolpiruvil-chiquimato-3-fosfato sintetase (EPSPS), que converte PEP e chiquimato-3-fosfato em 5-enolpiruvilchicamato-3-fosfato. Essa competição resulta na inibição da síntese dos aminoácidos aromáticos triptofano, tirosina e fenilalanina (Siehl, 1997). A tolerância nas plantas geneticamente modificadas é devida à introdução do gene *cp4 epsps*, originalmente presente na estirpe CP4 de *Agrobacterium* spp. Este gene codifica a síntese da enzima CP4 EPSPS, cuja ação não é bloqueada pelo glifosato. Quando expressa em níveis adequados, a CP4 EPSPS é capaz de prover a planta com 5-enolpiruvilchicamato-3-fosfato em quantidade suficiente para suprimir a inibição da síntese dos aminoácidos aromáticos (Singh e Shaner, 1998). Variedades RR estão disponíveis em soja, milho, algodão e canola.

Variedades *Roundup Ready Flex*

A segunda geração da tolerância ao herbicida glifosato, conhecida como RR Flex, foi comercialmente usada pela primeira vez nos EUA em 2006. No Brasil, não há pedido de liberação comercial protocolado na CTNBio até a presente data.

Variedades RR e RR Flex têm mostrado como principal vantagem a maior facilidade no manejo de plantas invasoras. Contudo, para cultivares RR, o glifosato somente pode ser aplicado diretamente sobre as plantas até determinado estágio de desenvolvimento, sob pena de injúria e redução na produtividade. A limitação da aplicação do glifosato em área total após esse estágio deve-se à abscisão de estruturas reprodutivas e menor viabilidade do pólen induzidas pelo acúmulo do glifosato em altas concentrações nas estruturas reprodutivas (Pline et al., 2001) e à baixa concentração da enzima CP4-EPSPS nas estruturas florais (Pline et al., 2002; PLINE-SRNIC et al., 2004). Além do gene *cp4 epsps*, as variedades RR contêm também os genes *nptII* e *aad*,

cujas expressões conferem tolerância aos antibióticos canamicina e estreptomicina, respectivamente.

As variedades RR Flex foram desenvolvidas pela Monsanto devido às limitações na época de aplicação do herbicida nas variedades RR. Nestas variedades RRFlex, duas cópias do gene *cp4-epsps* foram introduzidas. A primeira cópia está sob regulação do promotor quimérico FMV/TSF1, que contém o promotor do gene *tsf1* de *A. thaliana* e a seqüência *enhancer* do promotor 35S proveniente do Figwort Mosaic Virus. A expressão da segunda cópia é regulada pelo promotor P-35S/ACT8, que contém o promotor do gene *act8* de *A. thaliana*, combinado com a seqüência *enhancer* do promotor 35S de CaMV. Toda a construção foi inserida em um loco, que segrega mendelianamente e em bloco, como um único gene, sendo as plantas hemizigotas e homozigotas Resistentes ao glifosato na mesma intensidade (Burns, 2004).

Variedades RR Flex permitem que o glifosato seja aplicado durante todo o ciclo da cultura. Isso aumenta as chances de controle das espécies daninhas, reduzindo a possibilidade de perda de produtividade devido a aplicações após o estágio crítico de sensibilidade. Assim o controle de plantas daninhas se torna mais simples, eficiente e seguro.

Os produtores rurais têm demonstrado grande interesse no plantio de variedades Resistentes a herbicidas, uma vez que elas lhes permitem fazer o controle eficiente das plantas daninhas com a aplicação de um único herbicida e de forma mais econômica. Com a possibilidade de utilizar um único herbicida de ação efetiva contra a grande maioria das plantas daninhas, os produtores reduzem o número de aplicações necessárias do defensivo agrícola.

Considerando que variedades Resistentes a herbicidas reduzem a quantidade de químicos aplicados na lavoura, elas deveriam ser preferidas também pelo consumidor final.

Entretanto, acredita-se que uma falha na comunicação das vantagens dessas variedades não só para o produtor rural, mas também para o meio ambiente e para o consumidor final, permitiu que a opinião pública se polarizasse, gerando questionamentos sobre a segurança dessas variedades. Embora essas variedades, como todos os demais organismos geneticamente modificados, passem por uma rigorosa avaliação de biossegurança, em que são analisados seus riscos para a saúde humana e animal e para o meio ambiente (testes de impacto ambiental), muitos ainda continuam céticos em relação aos transgênicos.

Apenas recentemente (2005) foi permitido o plantio legal da soja transgênica no Brasil, entretanto em outros países ela ocupa grandes áreas. Nos EUA, 63% da área total é cultivada com uma variedade transgênica e na Argentina a soja GM ocupa mais de 95% da área plantada.

Variedades Resistentes a outros herbicidas também foram desenvolvidas por outras empresas, como variedades resistentes ao glufosinato de amônio (Bayer), à sulfoniluréia (DuPont) e ao bromoxil (Calgene), dentre outras.

Considerações Finais

As variedades de plantas transgênicas já estão disponíveis em vários países, e os primeiros animais transgênicos também começam a chegar ao mercado. Os benefícios desses produtos para a sociedade têm sido enfatizados pelos defensores da biotecnologia. O potencial até agora vislumbrado é pequeno em relação àquele que poderá ser realizado no futuro próximo. No entanto, os contrários à biotecnologia têm apresentado uma lista de preocupações que evidenciam forte apelo para a sociedade. Algumas das críticas aos transgênicos incluem:

- só atendem a interesses das multinacionais,
- não favorecem a agricultura auto-sustentável,

- são direcionados ao grande produtor,
- criam dependência de outros produtos das multinacionais e
- os estudos de impacto ambiental dos transgênicos são precários.

Entretanto, os mais de 10 anos de plantio comercial e consumo pela população, sem qualquer problema de efeito adverso, demonstram que as análises de Biossegurança são adequadas para a identificação de produtos seguros para a saúde humana e animal, além de benéficos para o meio ambiente.

A atual Lei de Biossegurança do Brasil, Lei 11.105 de 2005, é considerada moderna e eficaz, estabelecendo que toda análise de biossegurança deva ser realizada caso-a-caso e com base em fundamentação científica, de forma a prevenir riscos a saúde humana, saúde animal e ao meio ambiente.

Referência Bibliográficas

ABBOTT, A. A post-genomic challenge: learning to read patterns of protein synthesis. **Nature**, London, v. 402, p. 715-720, dec. 1999.

ACCIOLY, A. M. A.; SIQUEIRA, J. O. Contaminação química e biorremediação do solo. In: NOVAIS, R. F.; ALVAREZ V., V.H.; SCHAEFER, C.E.G.R. (Ed.). **Tópicos em ciência do solo**. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo 2000. V. 1, p. 299-352.

ALCAMO, E. **DNA technology: the awesome skill**. New York: Academic Press, 1999. 348 p.

ANDRADE, A. 1989. A Tutela ao meio ambiente e a constituição. **Revista Ajuris**, Porto alegre, v. 45, mar. 1989.

BALLANTYNE, J.; SENSABAUGH, G.; WITKOWSKI, J. **DNA technology and forensic science**. New York: Cold Spring Harbor Laboratory., 1989. 368 p.

BELÉM, M. A. F.; WATANABE, E.; FELBERG, I.; SAMPAIO, M. J. A.; NUTTI, M. R. 2001. Biossegurança de Alimentos Derivados da Biotecnologia rDNA. **Biociência** **Ciência & Desenvolvimento**, Uberlândia, v. 18, p. 34-40, 2001.

BELÉM, M. A. F.; FELBERG, I.; GONÇALVES, E. B.; CABRAL, L. C.; CARVALHO, J. L.; NUTTI, M. R. Equivalência substancial de composição de alimentos derivados de plantas geneticamente modificadas (PGM). **Biociência** **Ciência & Desenvolvimento**, Uberlândia, v. 3, p. 140-149, 2000.

BIOTEC: Informação Científica sobre Biotecnologia, v. 2, n. 6, set. 2004. Disponível em: www.cib.org.br

BORÉM, A. **Escape gênico e transgênicos**. . Visconde do Rio Branco: Editora e Gráfica Suprema, 2001 206 p.

BORÉM, A. **Marcadores moleculares**. . Visconde do Rio Branco: Editora e Gráfica Suprema, 2006. 374 p.

BORÉM, A.; ALMEIDA, M. R.; SANTOS, F. R. 2003. **Biociência de A a Z**. Viçosa: Editora Folha de Viçosa, 2003, 229 p.

BORÉM, A.; GIÚDICE, M. **Biociência e meio ambiente**. Visconde do Rio Branco: Editora e Gráfica Suprema, 2008. 510 p.

BORÉM, A.; GIÚDICE, M. P.; COSTA, N. M. B. **Alimentos geneticamente modificados**. Viçosa: Editora Folha de Viçosa, 2003. 305 p.

BORÉM, A.; MIRANDA, G. V. **Melhoramento de plantas**. 4. ed. Viçosa: Editora UFV., 2005. 525 p.

BORÉM, A.; PATERNIANI, E.; CASTRO, L. A. B. **Transgênicos: a verdade que você precisa saber.** Brasília, DF: Editora Dupligráfica, 2003. 57 p.

BORÉM, A.; ROMANO, E; SÁ, M. F. G. **Fluxo gênico e transgênicos.** Viçosa: Editora UFV, 2007. 199 p.

BORÉM, A.; VIEIRA, M. L. C. **Glossário de biotecnologia.** Viçosa: Editora Folha de Viçosa, 2005. 183 p.

BURLEY, S. K.; ALMO, S. C.; BONANNO, J. B. et al. Structural genomics: beyond the Human Genome Project. **Nature Genetics**, New York, v. 23, p.151-157, 1999.

COSTA, N. M. B.; BORÉM, A. **Biotecnologia e Nutrição.** São Paulo: Nobel, 2003. 214 p.

DRLICA, K. **Understanding DNA and gene cloning : a guide for the curious.** 3 ed. New York: J. Wiley, 1996.. 323 p.

GIÚDICE, M. P.; BORÉM, A.; SILVA, P. H. A.; MONTEIRO, J. B. R.; COSTA, N. M. B.; OLIVEIRA, J. S. **Alimentos transgênicos.** Viçosa: Editora Folha de Viçosa, 2000. 291 p.

JAMES, C. **Preview: global status of commercialized transgenic crops:** 2007. Ithaca, NY: ISAAA, 2007. (ISAAA Briefs 37-2007)

KOPROWSKI, H.; YUSIBOV, V. The green revolution: plants as heterologous expression vectors. **Vaccine**, Kidlington, v. 19, p. 2735-2741, 2001.

LACKIE, J.M.; DOW, J. **The dictionary of cell and molecular biology.** New York: Academic Press, 2000. 502 p.

LEITE, M. **Os alimentos transgênicos.** São Paulo: Publifolha, 2000. 89 p.

LEMIEUX, B.; AHARONI, A.; SCHENA, M. 1998. Overview of DNA chip technology. **Molecular Breeding**, Dordrecht, v. 4, p. 277-289, 1998.

LEWIN, B. **Genes VII**. Oxford: Oxford Univ Press, 1999. 847 p.

MCLAREN, J. S. Future renewable resource needs: will genomics help? **Journal of Chemical Technology and Biotechnology**, London, v. 75, p. 927-932, 2000.

MESSINA, L. **Biotechnology**. New York: H.W. Wilson, 2000. 186 p.

NEPOMUCENO, A. L. Transgênicos: Próximas Ondas. In: Agrocast, Rumos e Debates. Disponível em: www.agrocast.com.br. Acesso em: 11 abr. 2001.

PERELMAN, C. **Ética e direito**. São Paulo: Martins Fontes, 1999. 322 p.

PHILLIPS, R. L.; VASIL, I. K. **DNA-based markers in plants**. 2. ed. New York: Kluwer Academic Press, 2001. 512 p.

PIRES, F. R.; SOUZA, C. M.; SILVA, A. A.; PROCÓPIO, S. O.; SANTOS, J. B.; SANTOS, E. A. Seleção de plantas tolerantes ao tebuthiuron e com potencial para fitorremediação. **Revista Ceres**, Viçosa, v. 50, n. 291, p. 583-594, 2003.

ROCHA, M. M. Biotecnologia e patentes. In: BORÉM, A. et al. (Ed.). **Biowork**. Viçosa: UFV, 1998. 153 p

THIELLEMENT, H.; BAHRMAN, N.; DAMERVAL, C.; PLOMION, C.; ROSSIGNOL, M.; DANTONI, V.; VIENNE, D. E.; ZIVY, M. Proteomics for genetics and physiological studies in plants. **Electrophoresis**, Weinheim, v. 20, p. 2013-2026, 1999.

Web Sites Consultados

ABS Global: <http://www.absglobal.com>

Access Excellence: <http://www.accessexcellence.org>

Ag Biotech Infonet: <http://www.biotech-info.net>

Artigos sobre DNA: <http://www.dnfiles.org>

Associação Nacional de Biossegurança: <http://www.anbio.org.br>

Bioagro: <http://www.bioagro.ufv.br>

Biodiversity Information Network: <http://www.binbr.org.br>

Bioethics Net: <http://www.med.upenn.edu/bioethic>

Biotecnologia de Plantas: <http://www.checkbiotech.org>

Celera Genomics: <http://www.celera.com>

Cenargen: <http://www.cenargen.embrapa.br>

Centro de Bioética: <http://www.bioethics.umn.edu>

Cold Spring Harbor Laboratory: <http://vector.cshl.org>

Conselho de Informação sobre Biotecnologia: <http://www.cib.org.br>

Convention on Biological Diversity: <http://www.biodiv.org>

Council for Biotechnology Information: <http://www.whybiotech.com>

CTNBio: <http://www.ctnbio.gov.br>

Dictionary of Life Science: <http://biotech.icmb.utexas.edu/search/dict-search.html>

Embrapa: <http://www.embrapa.br>

GenBank (NCBI): <http://www.ncbi.nih.gov>

Georgia Bureau of Investigation: <http://www.ganet.org/gbi/fsdna.html>

Greenpeace: <http://www.greenpeace.org>
Information System for Biotechnology: <http://www.nbiap.vt.edu>
International Service for the Acquisition of Agribiotech Applications: <http://www.isaaa.org>
Nanobiotechnology: <http://www.jnanobiotechnology.com>
Nano-seqüenciamento: <http://www.454.com>
Nanotecnologia: <http://www.voyle.net>
National Centre for Biotechnology Education: <http://www.ncbe.reading.ac.uk>
Projeto Biota: <http://www.biota.org.br>
Projeto Genoma Brasileiro: <http://www.brgene.lncc.br>
Projeto Genoma Humano: http://www.ornl.gov/TechResources/Human_Genome
Revista BioTecnologia: <http://www.biotechnologia.com.br>
Revista Ciência Hoje: <http://www.ciencia.org.br>
Roslin Institute: <http://www.ri.bbsrc.ac.uk>
Science Magazine: <http://www.sciencemag.org>
Sociedade Brasileira para o Progresso da Ciência SBPC - <http://www.sbpnet.org.br>
The Center for Bioethics and Human Dignity: <http://www.cbhd.org>
The World Conservation Union: <http://www.iucn.org>
Trends in Biotechnology: <http://www.merkle.com/papers/bionano.html>
Union of Concerned Scientists: <http://www.ucsusa.org>

Capítulo 8

Interação Herbicida-Ambiente

Lixiviação e Contaminação das Águas do Rio Corumbataí por Herbicidas

*Regina Teresa Rosim Monteiro¹; Eduardo Dutra de Armas²;
Sônia Cláudia Nascimento de Queiroz³*

¹CENA/USP, Lab. Ecologia Aplicada, C. Postal 96, 13400-970, Piracicaba, SP; ²BioGeoTec Pesquisa e Soluções Ambientais, 13418-120, Piracicaba, SP; ³Embrapa Meio Ambiente, Lab. Resíduos de Pesticidas, Rodovia SP 340 km 127,5, 13820-000, Jaguariúna, SP

Resumo

A avaliação, em corpos hídricos, de resíduos de herbicidas empregados em áreas agrícolas para controle de plantas consideradas daninhas, tem encontrado uma grande variação na concentração dos produtos originais e de seus metabólitos. Tem sido sugerido que estas variações são devidas às propriedades químicas dos compostos, somadas às condições hidrogeológicas e climáticas locais e aos sistemas de cultivo, uma vez que são condições que influenciam o comportamento de lixiviação. Em estudo na bacia hidrográfica do rio Corumbataí, que abastece principalmente as cidades de Rio Claro e Piracicaba-SP, foram quantificados sazonalmente por CG/NPD e HPLC, os resíduos de herbicidas em amostras de água e sedimentos em diversos locais, durante os anos de 2004-2005. A área é cultivada principalmente com cana-de-açúcar, citrus e pastagens. A escolha dos herbicidas baseou-se em trabalho de levantamento dos herbicidas mais utilizados e época de aplicação na região. Dos 63 produtos registrados, foram analisados 24 i.a.. Os herbicidas que apresentam alto risco de lixiviação, como ametrina, atrazina e simazina foram os encontrados em concentrações superiores aos níveis do padrão de $2 \mu\text{g L}^{-1}$ da Portaria do Ministério da Saúde MS - 518/2004. A frequência e nível de concentração foram maiores na época do início das chuvas intensas.

Palavras-chave: triazinas, resíduos, águas, sedimentos, herbicidas.

ABSTRACT – Herbicide contamination of Corumbataí river.

The evaluation of herbicides residues, in water bodies, applied to agricultural areas for weed control has been found in a wide range of detected concentrations. This range of concentrations suggests that, the variation is due to chemical properties of the compound, hydrogeological, pedo-agronomic, and climatic conditions which are conditions influencing their leaching behavior. The Corumbataí watershed is of great importance for Rio Claro and Piracicaba cities for drinking water supply. Samples of water and sediment were analyzed for herbicide residue by gas and high performance liquid chromatography, in different seasons and locals, in the period of 2004-2005. The region is cultivated mainly with sugarcane, citrus and pasture. From 63 a.i. registered for the use in sugar-cane, 24 were selected for the residue analyses based on the seasonal trends of consumption. The great concentrations of residues found were from high potential risks of leaching herbicides such as ametryne, atrazine and simazine, and they were found above the limit of $2 \mu\text{g L}^{-1}$ established in MS – 518/2004. Their level and frequency of occurrence were mainly in the early rain season.

Keywords: triazines, residues, water, sediment, herbicides

Introdução

A qualidade de vida está condicionada ao meio ambiente em que vivemos: ar limpo, água potável e alimentos com boa qualidade e em quantidades suficientes. A exploração do solo para produção de alimentos expõe este meio à ação da água da chuva ou de irrigação e/ou vento, que podem carrear partículas para os rios, reservatórios, lagos e águas subterrâneas, ocasionando prejuízos à qualidade de vida dos seres que dependem desta fonte para atender às suas necessidades de água (Peres; Moreira, 2007). No geral os depósitos de água subterrânea são bem mais resistentes

aos processos poluidores dos que os de água superficial, pois a camada de solo sobrejacente atua como filtro físico e químico. Entretanto, os aquíferos subterrâneos possuem, em sua extensão, diferentes camadas, que podem ser impermeáveis, pouco permeáveis ou permeáveis. Uma zona de aeração impermeável ou pouco permeável é uma barreira à penetração de poluentes no aquífero, enquanto que as áreas de maior permeabilidade atuam como zona de recarga e podem sofrer interferência com o que ocorre na superfície do solo. A permeabilidade também vai depender da matéria orgânica presente sobre o solo e tipos de óxidos e minerais de argila, sendo que estes podem possuir grupos químicos bastante reativos e adsorver fortemente os compostos empregados, como fertilizantes e pesticidas, o que não ocorre em solos arenosos, pobres em matéria orgânica. Outra possibilidade de contaminação das águas subterrâneas é a existência de poços que podem facilitar a entrada de partículas ou água de enxurrada, como também podem alterar a direção do fluxo ou aumentar sua velocidade. Os rios ou cursos d'água também interagem com a água subterrânea havendo locais onde as águas do rio se infiltram em direção ao aquífero e outros onde ocorre o inverso (Ribeiro et al., 2007).

A expansão do uso de pesticidas nas áreas agrícolas de todo planeta está sendo acompanhada do aumento da quantidade de resíduos encontrados nos corpos hídricos superficiais e subterrâneos. Uma variedade de moléculas, na sua forma original e/ou seus metabólitos, com distintas propriedades físicas, químicas e biológicas têm sido encontrada nas águas subterrâneas, de superfície e de chuva. Os pesticidas com solubilidade em água e os de maior persistência no solo são os encontrados em maiores concentrações nas análises de elementos contaminantes das águas. Em programa de incentivo ao monitoramento de pesticidas em águas subterrâneas pela EPA-USA em vigor desde 1979, foi constatada em 1985 a presença de 70 diferentes moléculas em avaliações de águas subterrâneas em 38 Estados americanos, mostrando a tendência de contaminação pelas

atividades agrícolas (Ritter, 1990). O Brasil é um dos três maiores consumidores mundiais de pesticidas (ANVISA, 2007). O comprometimento da qualidade das águas superficiais ocasionado pelas práticas agrícolas e outras atividades, como mineração, levou a criação dos Comitês de Bacias Hidrográficas – CBH como unidade básica do Sistema Integrado de Gerenciamento de Recursos Hídricos – SIGRH do Estado de São Paulo, por determinação da Lei Estadual 7.663/91 (COMITÊ... 1996). Ficou estabelecido que as atividades desenvolvidas dentro de uma área, cujos limites são definidos pela divisão de águas, são as principais condicionantes da quantidade e qualidade da água. Posteriormente, o Governo Federal instituiu a Política Nacional de Recursos Hídricos e criou o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos por meio da Lei 9.433/97 (BRASIL, 2006). Desde então, análises de resíduos de pesticidas têm constatado a presença de diversos grupos químicos em águas como os trabalhos de Sparovek et al. (2001), Rissato et al. (2004), Corbi et al. (2006), Gomes et al., (2001), Filizola et al. (2002), Laabs, et al. (2002), Silva et al, 2003, Primel et al. (2005) e Armas et al. (2007). No Estado de São Paulo, estudos matemáticos de estimação apontam para o risco de contaminação de águas subterrâneas, como os de Rodrigues et al. (1997), Pessoa et al. (2003) e Armas (2006). O objetivo deste trabalho foi monitorar a qualidade da água do principal manancial utilizado para servir a população da cidade de Piracicaba, SP, por meio de monitoramento de resíduos de herbicidas em sedimento e água do rio Corumbataí e dois de seus principais afluentes.

Material e Métodos

A sub-bacia do rio Corumbataí (Bacia do rio Corumbataí, <http://ceapla.rc.unesp.br/atlas/atlas.html>) abrange uma área de 1.710 km², sendo o rio Corumbataí o principal manancial, com 170 km de extensão, nascendo no município de Analândia e sua foz no rio Piracicaba, no município de Piracicaba, com uma vazão média diária de 10 a 50 m³ s⁻¹

nos meses de agosto e fevereiro, respectivamente. As principais culturas são a cana-de-açúcar (25,6% da área), citrus (2,8% da área) e pastagens (IPEF, 1999). Primeiramente, foi realizada análise de inseticidas persistentes como: endrim, dieldrim, alfa, beta e sulfato de endosulfam e os herbicidas trifluralina e glifosato, em amostras de sete pontos diferentes ao longo da bacia. Não foi encontrado nenhum dos produtos em nível de ppm (mg kg^{-1}) nos sedimentos e de ppb ($\mu\text{g L}^{-1}$) na água. Foi realizado um levantamento dos pesticidas utilizados na bacia (Armas, et al. 2005) e foram selecionados 24 herbicidas para análises de resíduos, baseados na frequência, quantidade aplicada e tendência de lixiviação. Amostras de água foram coletadas com auxílio de balde de aço inoxidável, armazenadas em frascos de polietileno (3 L), devidamente identificadas e mantidas em caixas de isopor, com gelo, para o transporte até o laboratório, onde foram mantidas congeladas a -20°C até o início da análise de resíduos. A descontaminação do equipamento de coleta foi efetuada antes de cada amostragem com álcool etílico p.a., seguido de enxágüe exaustivo com água destilada. Os frascos para armazenamento das amostras foram previamente lavados, mantidos em solução detergente sem fósforo 2% (v/v) por 24 h e, posteriormente, em solução de ácido nítrico 10% (v/v) por 24 h, enxaguados exaustivamente com água destilada e com acetona p.a. para secagem rápida, sendo mantidos fechados para evitar contaminação. Os herbicidas analisados por método multirresíduos foram: simazina, ametrina, atrazina, trifluralina, pendimetalina, isoxaflutol, acetocloro e clomazona por cromatografia gasosa, com detector seletivo para Nitrogênio e Fósforo e os herbicidas halossulfurom metílico, picloram, tebutiuram, hexazinona, 2,4-D, metribuzim, diurom, trifloxissulfurom, imazapir, imazapique e sulfentrazone por cromatografia líquida com detecção por ultravioleta. Análises de glifosato e ampa foram realizadas isoladamente, extraídos em resina de complexação e analisados por HPLC e detector de fluorescência com derivatização pós-coluna.

A localização dos pontos amostrados, metodologias utilizadas para coleta e análises estão descritas em Armas, et al. 2005, Armas, 2006, Armas et al. 2007 e no site www.cena.usp.br/SOSCOrumbatai.

Resultados e Discussão

Inicialmente, foram analisados resíduos na água e no sedimento. Como no sedimento foram encontrados níveis quantificáveis somente de ametrina em um ponto e glifosato em níveis abaixo do limite de quantificação, em várias épocas e locais e por ser bastante arenoso (ao redor de 98%) passou-se a analisar os resíduos somente na água. As concentrações de triazinas encontradas na água são as que causam maior preocupação, estando em níveis muito acima do permitido pela legislação, como a CONAMA 357 de 2005, que coloca o limite para as triazinas de $2 \mu\text{g L}^{-1}$. A concentração de atrazina ultrapassou este limite no ponto de coleta do rio Corumbataí situado próximo a sua nascente (Analândia), e ametrina está acima em todos os pontos amostrados, sendo máxima no afluente principal (Rio Passa Cinco) chegando a mais de dez vezes a concentração limite (Tabela 1). A ametrina é o herbicida do grupo das triazinas que apresenta maior solubilidade em água. As triazinas estão presentes nas águas superficiais e subterrâneas do mundo todo, vindo a representar 80,7% do total encontrado em mais de 100 mil amostras de águas superficiais e subterrâneas analisadas na Alemanha (Beitz et al, 1994). Acetocloro não foi observado em nenhuma das amostras, mas houve dificuldade na metodologia de sua detecção por LC-ESI-MS-MS, bem como para o 2,4-D e molinato. O uso de acetocloro tem sido incentivado em substituição a atrazina, devido a menor tendência de lixiviação e persistência ambiental. Clomazona tem baixa mobilidade em solos, entretanto foi observada com frequência, ao longo da bacia. Hexazinona é citada na literatura com um índice LEACH bastante elevado e foi encontrada nas coletas em concentrações variando de 0,05 a $0,504 \mu\text{g L}^{-1}$, mesmo em períodos de seca, quando o seu uso é mais intenso. Glifosato e

seu metabólito AMPA, sendo bastante utilizado na região, principalmente de setembro a junho, foi a molécula de maior frequência de ocorrência, sendo que o limite de quantificação para 500 mL de amostra de água foi de 0,04 $\mu\text{g L}^{-1}$. A frequência de ocorrência e concentrações mais elevadas foram encontradas em coletas de novembro, maio e dezembro, coincidindo com o período de chuva forte nos 10 dias antecedentes à data de coleta (Tabela 2). Os pesticidas utilizados na bacia do Corumbataí podem então ser detectados nas águas de seu principal manancial. Sabe-se que o potencial de contaminação de um produto utilizado na agricultura está diretamente associado as suas propriedades de solubilidade em água, mobilidade no solo e sua persistência. Está também associado as propriedades do solo e relevo e bastante associado a frequência e quantidade utilizada. O solo predominante nesta bacia é do tipo arenoso, relevo acidentado e a cultura de cana-de-açúcar é predominante há vários anos, sendo empregados vários produtos que podem alcançar os corpos hídricos. Foram estudados 24 ingredientes ativos empregados na área, dentre os 63 registrados para a cultura de cana. O alto custo dos processos analíticos de monitoramento e a baixa probabilidade de êxito da real estimativa das concentrações, devido à ocorrência destes resíduos em picos restringe a expansão de programas de monitoramento. No entanto, os resultados evidenciam a necessidade de medidas enérgicas de conscientização sobre a importância de um ambiente sem contaminação por substâncias que afetam o frágil equilíbrio e agravam a saúde dos organismos vivos.

Tabela 1. Concentração de herbicidas ($\mu\text{g L}^{-1}$) em coletas de 2004 e 2005 de amostras de água do rio Corumbataí e seus principais afluentes.

Data	Herbicida	Ponto 1	Ponto 2	Ponto 3	Ponto 4	Ponto 5	Ponto 6	Ponto 7	Ponto 8	
09/03/04	Glifosato	ND	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	ND	ND	ND	
23/08/04	Hexazinona	ND	ND	0,5	0,3	0,4	ND	0,3	0,4	
	Glifosato	ND	ND	<LOQ	0,04	0,04	0,05	0,3	<LOQ	
	AMPA	<LOQ	ND	ND	0,04	0,06	0,07	ND	0,07	
18/11/04	Glifosato	ND	ND	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	
	Simazina	0,6	0,5	ND	<LOQ	0,3	<LOQ	ND	<LOQ	
	Atrazina	2,7	2,2	<LOQ	1,2	1,6	0,6	<LOQ	0,7	
	Ametrina	2,9	1,9	<LOQ	1,4	1,8	0,7	1,0	0,8	
	Clomazona	0,4	0,4	ND	<LOQ	<LOQ	<LOQ	ND	<LOQ	
14/02/05	Glifosato	<LOQ	ND	ND	ND	<LOQ	<LOQ	ND	ND	
31/05/05	Glifosato	<LOQ	ND	ND	<LOQ	<LOQ	0,08	ND	<LOQ	
	AMPA	ND	ND	ND	0,06	0,06	0,10	ND	0,05	
	Ametrina	5,40	4,26	15,35	6,38	3,42	4,34	3,79	4,94	
	Atrazina	2,83	2,11	2,42	3,86	2,96	1,94	1,82	1,86	
	Simazina	0,36	0,25	0,24	0,46	0,38	2,12	0,18	0,24	
	Metribuzim	0,14	<LOQ	0,11	0,18	0,16	0,11	<LOQ	0,13	
	Tebutirom	0,02	<LOQ	ND	0,03	0,03	<LOQ	<LOQ	0,06	
	Clomazona	0,58	0,44	0,65	0,71	0,73	0,50	0,48	0,62	
	Picloran	0,06	0,10	0,64	0,53	1,16	ND	0,134	0,52	
	Propanil	<LOQ	<LOQ	<LOQ	0,72	0,18	<LOQ	<LOQ	<LOQ	
	Hexazinona	<LOQ	ND	ND	0,02	0,02	<LOQ	<LOQ	<LOQ	
	23/09/05	Glifosato	<LOQ	ND	ND	<LOQ	0,06	0,05	<LOQ	<LOQ
AMPA		ND	ND	ND	0,05	0,12	0,16	<LOQ	0,06	
Simazina		0,18	0,16	0,10	0,13	0,20	0,41	0,41	0,31	
Ametrina		3,85	6,90	4,68	5,90	7,54	16,00	21,70	22,15	
Atrazina		1,62	1,41	0,89	1,16	1,98	3,61	3,88	2,74	
Tebutirom		<LOQ	0,06	<LOQ	0,02	0,02	0,32	0,02	0,04	
Clomazona		0,22	0,32	0,14	0,21	0,18	0,50	0,55	0,37	
Propanil		0,05	ND	<LOQ	<LOQ	0,07	0,15	0,16	0,13	
Picloran		ND	ND	0,02	ND	0,85	0,67	0,63	1,09	
Metribuzim		ND	ND	ND	<LOQ	ND	0,21	0,13	ND	
05/12/06		Glifosato	<LOQ	<LOQ	<LOQ	0,05	0,05	0,07	<LOQ	<LOQ
		AMPA	ND	ND	<LOQ	0,06	<LOQ	0,09	<LOQ	0,07
	Simazina	0,34	0,32	0,23	0,22	0,25	0,14	0,31	0,52	
	Ametrina	6,89	5,29	5,04	5,17	10,70	6,02	10,50	12,60	
	Atrazina	3,15	1,71	2,16	2,14	2,46	1,66	2,73	3,87	
	Tebutirom	ND	0,02	0,02	0,05	0,03	0,04	0,01	0,04	
	Clomazol	0,45	0,42	0,30	0,22	0,23	0,20	0,35	0,54	
	Picloran	0,20	0,13	0,18	0,67	1,38	1,31	1,26	1,44	
	Propanil	0,07	0,06	0,05	0,05	0,04	<LOQ	0,06	0,10	
	Hexazinona	ND	ND	ND	<LOQ	0,15	0,05	<LOQ	<LOQ	
	Sulfentrazona	ND	ND	ND	ND	<LOQ	ND	ND	0,10	

Ponto 1 – Analândia, Ponto 2 – Corumbataí, Ponto 3 – Rio Claro montante, Ponto 4 - Rio Claro Jusante, Ponto 5 – Ribeirão Claro, Ponto 6 – Assistência, Ponto 7 – Rio Passa Cinco, Ponto 8 - Piracicaba. Obs. Herbicidas não detectados em algum ponto amostrado não são mostrados;

D = Detectado; ND = Não detectado; LOQ = Limite de quantificação.

Tabela 2. Ocorrência de chuvas e datas de coletas de amostras de água.

Datas das coletas	Estação	Chuva nos últimos 10 dias (mm)
09 / MAR / 2004	Verão	53,1
23 / SET / 2004	Inverno	6,9
18 / NOV / 2004	Primavera	76,2
14 / FEV / 2005	Verão	3,6
31 / MAI / 2005	Outono	155,0
23 / SET / 2005	Inverno	10,5
05 / DEZ / 2005	Primavera	57,1

Agradecimentos

Apoio financeiro da Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo – FAPESP (Processo 01/0295-4). Os autores agradecem a especialista em resíduos Dra. Débora Renata Cassoli de Souza pelas análises realizadas.

Literatura Citada

AGÊNCIA NACIONAL DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA. **Nota técnica sobre livre comércio de agrotóxicos e impactos na saúde humana.** Disponível em: < http://www.pronaf.gov.br/dater/arquivos/livre_comercio_agrotoxicos.pdf > Acesso em: 8 jan. 2008.

ARMAS, E. D. **Biogeodinâmica de herbicidas utilizados em cana-de-açúcar (*Saccharum spp.*) na sub-bacia do rio Corumbataí.** 2006, 186 f. Tese (Doutorado em Ecologia de Agroecossistemas) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba.

ARMAS, E. D.; MONTEIRO, R. T. R.; AMÂNCIO, A. V.; CORREIA, R. L.; GUERCIO, M.A. . Uso de agrotóxicos em cana de açúcar na bacia do rio Corumbataí e o risco de poluição hídrica. **Química Nova**, São Paulo, v. 28, p. 975-982, 2005.

ARMAS, E. D.; MONTEIRO, R. T. R.; ANTUNES, P. M.; SANTOS, M. A. P. F.; CAMARGO, P. B.; ABARKELI, R. B. Diagnóstico espaço-temporal da ocorrência de herbicidas nas águas superficiais e sedimentos do rio Corumbataí e principais afluentes. **Química Nova**. São Paulo, v. 30, n. 5, p. 1119-1127, 2007.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Lei n.9.433, de 8 de janeiro de 1997. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br>.> Acesso em: 14 dez. 2007.

COMITÊ das Bacias dos Rios Piracicaba, Capivari E Jundiá: implantação, resultados e perspectivas. Campinas: Arte Brasil, 1996, 76 p.

CORBI, J. J.; STRIXINO, S. T.; SANTOS, A.; DEL GRANDE, M. Diagnóstico ambiental de metais e organoclorados em córregos adjacentes a áreas de cultivo de cana - de açúcar (Estado de São Paulo, Brasil). **Química Nova**, São Paulo, v. 29, n. 1, p. 61-65, 2006.

FILIZOLA, H. F.; FERRACINI, V L.; SANS, L. M. A.; GOMES, M. A. F.; FERREIRA, C. I. J. A. Monitoramento e avaliação de risco de contaminação por pesticidas em água superficial e subterrânea na região de Guairá. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 37, n. 5, p. 659-667, 2002.

GOMES, M. A. F.; SPADOTTO, C. A.; LANCHOTTE, V. L. Ocorrência do herbicida tebuthiuron na água subterrânea da microbacia do córrego espriado, Ribeirão Preto, SP. Pesticidas: **Revista de Ecotoxicologia e Meio Ambiente**. Curitiba, v. 11, n. 1, p. 65-76, 2001.

INSTITUTO DE PESQUISAS E ESTUDOS FLORESTAIS. **Plano Diretor**: conservação dos recursos hídricos por meio da recuperação e da conservação da cobertura florestal da bacia do rio Corumbataí. Piracicaba, 2001. 343 p.

LAABS, V.; AMELUNG, W.; PINTO, A. A.; WANTZEN, M.; SILVA, C. J.; ZECH, W. Pesticides in surface water, sediment, and rainfall on the northeastern pantanal basin, Brazil. **Journal of Environmental Quality**, Madison, v. 3, n. 5, p. 1636-1648, 2002.

PERES, F.; MOREIRA, J. C. Saúde e ambiente em sua relação com o consumo de agrotóxicos em um pólo agrícola do Estado do Rio de Janeiro, Brasil. **Cadernos de Saúde Pública**, Rio de Janeiro, RJ, v. 23, n. 4, p. 5612-5621, 2007. Suplemento.

PESSOA, M. C. P. Y.; GOMES, M. A. F.; NEVES, M. C.; CERDEIRA, A. L. L.; SOUZA, M. D. Identificação de áreas de exposição ao risco de contaminação de águas subterrâneas pelos herbicidas atrazina, diuron e tebuthiuron. **Pesticidas: Revista de Ecotoxicologia e Meio Ambiente**, Curitiba, v. 13, n.1, p. 111-122, 2003.

PRIMEL, E. G.; ZANELLA, R.; KURZ, M. H. S.; GONÇALVES, F. F.; MACHADO, S. O.; MARCHEZAN, E. Poluição das águas por herbicidas utilizados no cultivo do arroz irrigado na região central do estado do Rio Grande do Sul, Brasil: predição teórica e monitoramento. **Química Nova**. São Paulo, v. 28, n. 4, p. 605-609, 2005.

RIBEIRO, M. L.; LOURENCETTI, S. Y. P.; MARCHI, M. R. R. Contaminação de águas subterrâneas por pesticidas: avaliação preliminar. **Química Nova**. São Paulo, v. 30, n. 3, p. 688-694, 2007.

RISSATO, S. R.; LIBÂNIO, M.; GIAFFERIS, G. P.; GERENUTTI, M. Determinação de pesticidas organoclorados em água de manancial, água potável e solo na região de Bauru (SP). **Química Nova**, São Paulo, v. 27, n. 5, p. 739-743, 2004.

RITTER, W. F. Pesticide contamination of ground water in the United States: a review. **Journal of Environmental Sciences and Health Part B- Pesticides, Food Contaminants, and Agricultural Wastes**, New York, v. 25, n. 1, p. 1-29, 1990.

RODRIGUES, G. S.; PARAIBA, L. C.; BUSCHINELLI, C. C. Estimativa da carga contaminante de pesticidas e nitrato para as águas subterrâneas no estado de São Paulo. **Pesticidas: Revista de Ecotoxicologia e Meio Ambiente**, Curitiba, v. 7, n. 1, p. 89-108, 1997.

SILVA, M. D.; PERALBA, M. C. R.; MATTOS, M. L. T. Determinação de glifosato e ácido aminometilsulfônico em águas superficiais do arroio passo do pilão. **Pesticidas: Revista de Ecotoxicologia e Meio Ambiente**, Curitiba, v. 13, n. 1, p.19-28, 2003.

SPAROVEK, G.; ANISIMOVA, M. A.; KOLB, M.; BAHADIR, M.; WEHAGE, H.; SCHNUNG, E. Organochlorine compounds in a Brazilian watershed with sugarcane and intense sediment redistribution. **Journal of Environmental Quality**, Madison, v. 30, n. 6, p. 2006-2010, 2001.

Fitorremediação de Solos com Residual de Herbicidas

José Barbosa dos Santos¹; Sergio de Oliveira Procópio²;

Fábio Ribeiro Pires³; Antonio Alberto da Silva⁴

¹Universidade Vale do Rio Doce - Faculdade de Agronomia; ²Embrapa Tabuleiros Costeiros - CPATC; ³Universidade Federal do Espírito Santo - Centro Universitário Norte do Espírito Santo; ⁴Universidade Federal de Viçosa - Departamento de Fitotecnia.

Atividade Residual de Herbicidas

A sustentabilidade passou a ser umas das palavras mais importantes para designar a modificação do enfoque dos sistemas agrícolas brasileiros. "Manejo Integrado de Pragas, Doenças e Plantas Daninhas", "Manejo Ecológico de Pragas, Doenças e Plantas Daninhas", "Agricultura Orgânica", "Agricultura Alternativa", "Produção Integrada de Frutas", "Aproveitamento de Resíduos Orgânicos", "Racionalização no Uso de Insumos Agrícolas", são expressões cada vez mais presentes nos projetos de pesquisa e nas diretrizes dos programas de extensão rural das instituições responsáveis pelo desenvolvimento, agora "sustentável", do agronegócio do País.

Problemas resultantes dos processos de poluição e degradação dos recursos naturais por herbicidas têm recebido atenção especial, principalmente em sistemas agrícolas que necessitam utilizar esses produtos no manejo integrado de plantas daninhas.

Herbicidas que apresentam atividade residual no solo, impedindo ou reduzindo a emergência de plantas daninhas, são importantes insumos para a garantia da produtividade das culturas comerciais, principalmente para aquelas que apresentam extenso período total de prevenção da interferência das plantas daninhas (PTPI). Contudo, após o término desse período, que muitas vezes coincide com o fechamento do dossel da cultura presente, o resíduo do herbicida no solo passar a ser indesejável, podendo resultar em con-

taminação de plantios seqüenciais, de mananciais de água subterrânea pela lixiviação e/ou superficiais, toxicidade a organismos não-alvos, podendo até, dependendo da recalcitrância do composto, acumular-se na cadeia alimentar.

Remediação, Biorremediação e Fitorremediação

A remediação de uma área contaminada consiste na aplicação de diferentes medidas de contenção e tratamento do material contaminado para o saneamento da área. Ela pode ser química (quelatos, reagentes), física (retirada da camada contaminada; injeção de ar) ou biológica (microrganismos e plantas). O termo remediação tem sido associado normalmente a técnicas não biológicas que promovem a remoção ou atenuação do contaminante.

A biorremediação consiste no emprego de organismos vivos (microrganismos e plantas, principalmente) capazes de se desenvolverem em meio contendo o material poluente, para remediação, normalmente in situ, de áreas contaminadas, reduzindo-o ou até mesmo eliminando seus resíduos. Normalmente, o termo biorremediação é utilizado para denominar a descontaminação desempenhada por microrganismos, os quais, no processo de biorremediação in situ dito "tradicional" (particularmente as bactérias), são estimulados a degradar os contaminantes, seja por utilização da molécula como fonte de nutrientes ou por co-metabolismo. As condições necessárias para essa degradação incluem a existência de receptores de elétrons, de nutrientes e de substrato, incluindo compostos químicos aplicados para as diferentes atividades agrícolas.

Quando se utiliza plantas como agentes despoluidores, dá-se o nome de fitorremediação. Essa técnica consiste no uso de plantas e sua comunidade microbiana associada para degradar, seqüestrar ou imobilizar poluentes presentes no solo. Ainda, de acordo com

Accioly & Siqueira (2000), envolve o emprego de amenizantes (corretivos, fertilizantes, matéria orgânica etc.) do solo, além de práticas agronômicas que, se aplicadas em conjunto, removem, imobilizam ou tornam os contaminantes menos tóxicos ao ecossistema.

Histórico

A fitorremediação não é recente. O que é novo é a investigação sistemática, científica de como podem ser usadas plantas para descontaminar terra e água. Entre outros, relatos descrevem que na Alemanha, há mais de 300 anos, plantas já eram utilizadas no tratamento de esgotos (Cunningham et al., 1996). Todavia, o uso do termo *phytoremediation* (*phyto* = vegetal + *remediation* = remediação) é muito mais recente, tendo sido estabelecido em 1991 para definir o uso de vegetais e dos microrganismos a eles associados, como instrumento para contenção, isolamento, remoção ou redução das concentrações de contaminantes em meio sólido, líquido ou gasoso (US EPA, 2000). Para inúmeras fontes de pesquisa, o termo fitorremediação foi cunhado pelo Dr. Ilya Raskin, professor de biologia vegetal da Rutgers University, EUA, em 1989 (Black, 1995). Mas, o que também pode ser considerado atual são as inúmeras aplicações dessa técnica e o crescente interesse de pesquisadores de diversas áreas.

No Brasil, o termo fitorremediação ainda parece desconhecido para grande parte da comunidade científica. Entretanto, significativo tem sido o avanço nas pesquisas que utilizam plantas e microrganismos a elas associados para despoluição de agroecossistemas. O número ainda pequeno, porém crescente, de trabalhos publicados nos últimos anos reflete igualmente o elevado número de projetos em execução. Provavelmente, os primeiros artigos oriundos do estudo da fitorremediação no Brasil foram os de Courseuil et al. (2001) e Moreno & Courseuil (2001), investigando o potencial do chorão (*Salix babylonica*), na fitorremediação

de aquíferos contaminados por gasolina. Envolvendo herbicidas, as publicações tiveram seu início com Scramim et al. (2001).

Mecanismos de Descontaminação

A fitorremediação é baseada na seletividade/tolerância que algumas espécies de plantas apresentam a contaminantes e pode ser resultante: 1) da assimilação direta dos contaminantes e subsequente acumulação e, ou, metabolização a compostos não tóxicos nos tecidos vegetais, como componentes estruturais; 2) do estímulo da atividade microbiana provocada pela liberação de exsudatos que favorecem o aumento da mineralização do contaminante na região da rizosfera. Didaticamente a fitorremediação é dividida em seis processos (extração, transformação, volatilização, estimulação; rizofiltração e estabilização) os quais ocorrem em função das características morfofisiológicas de cada espécie. Eles não são exclusivos e podem ocorrer simultaneamente.

Potencialidades e Limitações

A fitorremediação apresenta elevado potencial de utilização devido às vantagens que apresenta em relação às outras técnicas de remediação de contaminantes do solo. Todavia, tem igualmente limitações que podem dificultar sua aplicação (Quadro 1).

Quadro 1. Sumário das potencialidades e limitações da fitorremediação.

POTENCIALIDADES	LIMITAÇÕES
<ul style="list-style-type: none"> - menor custo em relação às técnicas de tratamento <i>ex situ</i> (até 10 vezes menor); - aplicável a uma grande variedade de contaminantes e pode ser posta em prática em áreas extensas; - os compostos orgânicos podem ser mineralizados a CO₂ e H₂O, removendo toda fonte de contaminação; - plantas são mais fáceis de ser monitoradas do que microrganismos, por exemplo; - as propriedades biológicas e a estrutura física do solo são mantidas na fitorremediação, ou até melhoradas; - usa energia solar para realizar os processos; - plantas ajudam no controle do processo erosivo e reduzem a possibilidade de contaminação de lagos e rios; - reduz o movimento descendente de água contaminada para o lençol freático; - plantas são mais favoráveis esteticamente do que qualquer outra técnica de biorremediação; - tem alta probabilidade de aceitação pública. 	<ul style="list-style-type: none"> - tempo requerido para obtenção de uma despoluição satisfatória pode ser longo; - o contaminante deve estar dentro da zona de alcance do sistema radicular; - clima e condições edáficas podem restringir o crescimento de certas plantas; - elevados níveis do contaminante no solo podem impedir a introdução de plantas no sítio contaminado; - melhoria nas condições do solo podem ser requeridas para facilitar a absorção do contaminante pelas plantas; - na fitorremediação de contaminantes orgânicos as plantas podem produzir metabólitos mais tóxicos do que os compostos originais; - necessidade de disposição da biomassa vegetal quando ocorre a fitoextração de poluentes não metabolizáveis ou metabolizados a compostos também tóxicos; - risco de contaminação da cadeia alimentar; - possibilidade de a espécie remediadora tornar-se de difícil controle posterior.

Projetos Desenvolvidos no Brasil

No Brasil, principalmente nos últimos cinco anos, diversas pesquisas têm sido conduzidas, mostrando a viabilidade de se utilizar plantas na remediação dos herbicidas tebutiuron (Pires et al., 2005; 2006; Belo et al., 2007b), trifloxysulfuron-sodium (Procópio et al., 2005; 2006; 2007; e Santos et al., 2004; 2007; Belo et al., 2007a) e trabalhos preliminares com picloram (Ferreira et al., 2006; Carmo, 2007), identificados como de elevada persistência em áreas agrícolas. Para os dois primeiros herbicidas, as espécies de melhor desempenho foram a *Stizolobium aterrimum* (mucuna-preta) e *Canavalia ensiformis* (feijão-de-porco). Para o picloram, os estudos apontam *Brachiaria brizantha*, *Eleusine coracana* (capim-pé-de-galinha-gigante) e *Panicum maximum* Jacq. cv. Tanzânia-1 (tanzânia) como espécies potencialmente remediadoras. Esses trabalhos têm demonstrado que além de um efeito ambiental, de redução dos níveis tóxicos dessas moléculas ao ambiente, tem-se um benefício agro-

nômico, pois em áreas onde a fitorremediação foi utilizada, pôde-se abreviar o plantio de espécies suscetíveis a tais herbicidas, cultivadas em sucessão. Esse enfoque é inédito na pesquisa internacional.

Referências Bibliográficas

ACCIOLY, A. M. A.; SIQUEIRA, J. O. Contaminação química e biorremediação do solo. In: NOVAIS, R. F.; ALVAREZ V.; V. H.; SCHAEFER, C. E. G. R. (Ed.). **Tópicos em ciência do solo**. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2000. v. 1. p. 299-352.

BELO, A. F. et al. Fitorremediação de solo adubado com composto orgânico e contaminado com trifloxysulfuron-sodium. **Planta Daninha**, Campinas, v. 25, p. 251-258, 2007a.

BELO, A.F. et al. Efeito da umidade do solo sobre a capacidade de *Canavalia ensiformis* e *Stizolobium aterrimum* em remediar solos contaminados com herbicidas. **Planta Daninha**, Campinas, v. 25, p. 239-249, 2007b.

BLACK, H. **Absorbing Possibilities: Phytoremediation. Environmental Health Perspectives**. 1995. Disponível em: <http://www.ehponline.org/docs/1995/103-12/innovations.html>. Acesso em: 26 abr. 2007.

CARMO, M.L. **Subsídios para o desenvolvimento de programas de fitorremediação de solos contaminados com o herbicida picloram**. 2007. 82 f. Dissertação (Mestrado) - Universidade de Rio Verde, Rio Verde.

CORSEUIL, H. X.; MORENO, F. N. Phytoremediation potential of willow trees for aquifers contaminated with ethanol-blended gasoline. **Water Research**, New York, v. 35, p. 3013-3017, 2001.

CUNNINGHAM, S. D.; ANDERSON, T. A.; SCHWAB, A. P. Phytoremediation of soils contaminated with organic pollutants. **Advances in Agronomy**, New York, v. 56, p. 55-114, 1996.

FERREIRA, L. R. et al. Seleção de espécies com potencial de remediação de solos contaminados com os herbicidas triclopyr e 2,4-D + picloram. In: CONGRESSO BRASILEIRO DA CIÊNCIA DAS PLANTAS DANINHAS, 25., 2006. Brasília, DF. **Convivendo com as Plantas Daninhas: resumos**. Brasília, DF: SBCPD/UNB/Embrapa Cerrados. 2006. p. 228.

MORENO, F.N.; CORSEUIL, H.X. Fitorremediação de aquíferos contaminados por gasolina. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, Rio de Janeiro, v. 6, p. 1-7, 2001.

PIRES, F.R. et al. Adubos verdes na fitorremediação de solos contaminados com o herbicida tebuthiuron. **Caatinga**, Mossoró, v.v19, p.v92-97, 2006.

PIRES, F.R. et al. Inferências sobre atividade rizosférica de espécies com potencial para fitorremediação do herbicida tebuthiuron. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v.v29, p.v627-634, 2005.

PROCÓPIO, S.O. et al. Fitorremediação de solo contaminado com trifloxysulfuron sodium por mucuna-preta (*Stizolobium aterrimum*). **Planta Daninha**, Campinas, v.23, p.719-724, 2005.

PROCÓPIO, S. O. et al. Fitorremediação de solo contaminado com trifloxysulfuron sodium por diferentes densidades populacionais de feijão-de-porco (*Canavalia ensiformis* (L). DC.). **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 30, p. 444-449, 2006.

PROCÓPIO, S. O. et al. Development of bean plants in soil contaminated with trifloxysulfuron-sodium after *stizolobium aterrimum* and *canavalia ensiformis* cultivation. **Planta Daninha**, Campinas, v. 25, p. 87-96, 2007.

SANTOS, E. A. et al. Fitoestimulação por *Stizolobium aterrimum* como processo remediação de solo contaminado com trifloxysulfuron sodium. **Planta Daninha**, Campinas, v. 25, p. 259-265, 2007.

SANTOS, J. B. et al. Fitorremediação do herbicida trifloxysulfuron sodium. **Planta Daninha**, Campinas, v. 22, p. 223-330, 2004.

UNITED STATES ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY. **Introduction to Phytoremediation..** Cincinnati, 2000. 104 p. (EPA/600/R-99/107).

SCRAMIN, S. et al. Utilização de plantas na remediação de solos contaminados por herbicidas - levantamento da flora existente em áreas de cultivo de cana-de-açúcar. In: MELO, I. S. et al. **Biodegradação**. Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente, 2001. p. 369-371.

Palavras-chave: remediação, descontaminação, xenobióticos.

Key words: remediation, decontamination, xenobiotics.

Modelagem da Bioconcentração de Herbicidas em Plantas*

*Trabalho financiado pelo projeto: "Absorção de herbicidas por cana-de-açúcar" 2007/02824-0-FAPESP

Lourival Costa Paraiba¹; Antonio Luiz Cerdeira¹

¹Embrapa Meio Ambiente, CxP. 69, 13820-000, Jaguariúna, São Paulo, Brasil. lourival@cnpma.embrapa.br

Resumo

Propriedades físico-químicas de herbicidas e propriedades fisiológicas de plantas foram utilizadas para apresentar um modelo que simula a bioconcentração e calcula o fator de bioconcentração de herbicidas em plantas. A modelagem supõe que o herbicida na solução do solo é absorvido pela planta no processo de transpiração da solução do solo. Utilizamos o modelo para estimar o fator de bioconcentração dos herbicidas 2,4-D, acetochlor, ametryn, atrazine, clomazone, diuron, hexazinone, imazapyr, metribuzin, pendimethalin, picloram, simazine, sulfentrazone, tebuthiuron e trifluralin em cana-de-açúcar. A modelagem sugere que existe uma correlação negativa entre o fator de bioconcentração e o coeficiente de sorção de herbicidas no carbono orgânico do solo.

Palavras-chave: Cana-de-açúcar, Pesticida, Absorção, Modelo.

Abstract - Herbicide bioconcentration modeling for plants

Chemical properties of herbicides and plant physiological properties were used to develop a model that simulates the plant herbicide uptake and bioconcentration factor of herbicides in plants. The model considers that the herbicide uptake occurs with water following the transpiration process. We have used the model to estimate the uptake of the herbicides 2,4-D, acetochlor, ametryn,

atrazine, clomazone, diuron, hexazinone, imazapyr, metribuzin, pendimethalin, picloram, simazine, sulfentrazone, tebuthiuron and trifluralin in sugar cane. The model of BCF has shown a negative correlation between the herbicide bioconcentration factor in plant and herbicide sorption coefficient in soil organic carbon.

Keywords: Sugarcane, Pesticide, Uptake, Model.

Introdução

Modelos matemáticos podem prever concentrações e sugerir que substâncias devem ser monitoradas em plantas. Diversos modelos simulam a absorção de substâncias por plantas (Trapp & Matthies, 1995; Fujisawa et al., 2002; Trapp et al., 2003; Paraíba, 2006; Trapp, 2007). Alguns foram elaborados para simular a absorção da substância por folhas (Trapp & Matthies, 1995), outros por raízes (Trapp et al., 2003; Paraíba, 2006) e outros por folha e raízes (Fujisawa et al., 2002; Trapp, 2007). A bioconcentração de uma substância em um organismo de um meio é definida como o acúmulo da substância no organismo em relação à concentração da substância no meio. O fator de bioconcentração (BCF) é um coeficiente de partição estimado pelo quociente entre a concentração da substância no organismo e a concentração da substância no meio de um sistema em estado de equilíbrio químico. O BCF pode ser usado para estimar a ingestão diária da substância por meio do consumo do organismo, permite estabelecer limites seguros da substância no meio e auxilia no estudo do destino ambiental da substância. O objetivo deste trabalho foi modelar a bioconcentração em plantas de herbicidas na solução do solo e utilizar esse modelo para estimar o BCF de herbicidas em cana-de-açúcar.

Material e Métodos

Na modelagem da bioconcentração foi suposto que a degradação do herbicida no solo, o metabolismo e a dilui-

ção do herbicida na planta são descritos por equações cinéticas de primeira ordem e que a absorção do herbicida na solução do solo pela planta ocorre através da transpiração da planta. Foi suposto também que o herbicida está diluído na solução do solo em concentração disponível para ser absorvido e transportado pelo fluxo de transpiração para todos os compartimentos da planta. O fator de bioconcentração foi obtido pelo estado de equilíbrio químico estimado pelo limite no tempo do quociente entre a concentração do herbicida na planta e a concentração do herbicida na solução do solo. O balanço total da massa do herbicida na planta foi calculado por:

$$\frac{M_p}{dt} \frac{dC_p}{dt} = Q \text{ TSCF}_{\text{sol}} C_w (k_E - k_G) M_p C_p \frac{Q C_p}{K_{pw}} \quad \text{onde } (kg \text{ ha}^{-1}) \text{ é a biomassa}$$

total fresca das plantas, $(L \text{ dia}^{-1} \text{ ha}^{-1})$ é a taxa de transpiração de água pela planta, TSCF_{sol} é o fator de concentração do herbicida no fluxo de transpiração da solução do solo, C_w (mg L^{-1}) é a concentração do herbicida na solução do solo, k_E (dia^{-1}) é a taxa de transformação do herbicida na planta, k_G (dia^{-1}) é a taxa de crescimento da planta, C_p (mg kg^{-1}) é a concentração do herbicida na planta e K_{pw} (L kg^{-1}) é o coeficiente de partição planta-água do herbicida. O TSCF_{sol} foi estimado a partir do coeficiente de partição octanol-água do herbicida utilizando a equação de Burken & Schnoor (1998) dada por:

$$\text{TSCF} = 0,756 \exp\left[-\frac{(\log K_{ow} - 2,50)^2}{2,58}\right], \quad \text{onde } \log K_{ow} \text{ é o logaritmo do coeficiente de partição octanol-água do herbicida e TSCF é o coeficiente da concentração no fluxo de transpiração da solução nutriente sem interferentes do solo (solução hidropônica).}$$

O TSCF_{sol} foi calculado por $\text{TSCF}_{\text{sol}} = \frac{\text{TSCF}}{1 + k_{oc} f_{oc} / \rho_s}$, onde k_{oc} (L kg^{-1}) é o coeficiente de sorção do herbicida no carbono orgânico do solo, f_{oc} (g g^{-1}) é a fração volumétrica de carbono orgânico do solo, ρ_s (kg L^{-1}) é a densidade total do solo e ρ_w (g g^{-1}) é o conteúdo volumétrico de água no solo. O valor do coeficiente de partição planta-água K_{pw} foi estimado a partir do coeficiente de partição octanol-água do herbicida, usando a expressão de Trapp et al. (2001) dada por $K_{pw} = 10^{(0,266 - 0,632 \log K_{ow})}$. Foi suposto que a concentração do herbicida na solução do solo descreve uma equação cinética de primeira ordem dada por: $C_w(t) = C_w(0) \exp(-k_s t)$, onde $C_w(0)$ (mg L^{-1}),

onde C_w (mg L^{-1}) e k_s (dia^{-1}) são a concentração inicial do herbicida na solução do solo, a concentração do herbicida na solução do solo e a taxa de degradação do herbicida no solo, respectivamente. A equação que descreve a concentração do herbicida na planta é dada por: $C_p(t) = \frac{A}{(B - k_s)} \left[\frac{C_w(0)}{k_s} \exp(-k_s t) - \exp(-Bt) \right]$, onde $A = \frac{Q \cdot \text{TSCF}_{\text{veg}}}{M_p}$ e $B = (k_e + k_g + \frac{Q}{M_p} \cdot k_{\text{veg}})$. O fator de bioconcentração foi calculado para o estado de equilíbrio do quociente entre a concentração do herbicida na planta e a concentração do herbicida na solução do solo resultando em: $\text{BCF} = \frac{Q \cdot \text{TSCF}_{\text{veg}} \cdot K_{\text{pw}}}{(Q \cdot k_{\text{veg}} + K_{\text{pw}} \cdot M_p)}$, onde BCF (L kg^{-1}) é o fator de bioconcentração do herbicida na planta e $k_{\text{veg}} = k_e + k_g + k_s$ (dia^{-1}) é a taxa de dissipação do herbicida no sistema solo-planta. Selecionamos os herbicidas 2,4-D, acetochlor, ametryn, atrazine, clomazone, diuron, hexazinone, imazapyr, metribuzin, pendimethalin, picloram, simazine, sulfentrazone, tebuthiuron e trifluralin para ilustrar a estimativa do fator de bioconcentração destes herbicidas em um cultivo hipotético de cana-de-açúcar. O coeficiente de partição octanol-água, o coeficiente de sorção e a meia-vida em dias de cada um dos herbicidas estão apresentados na Tabela 1. Os valores do tempo de meia-vida e do coeficiente de sorção foram obtidos da compilação realizada por Hornsby et al. (1995) ou por Nicholls (1994). O tempo de meia-vida foi utilizado para estimar o valor da taxa k_s fazendo $k_s = 0,693/\text{meia vida}$. Foi assumido um cultivo de cana-de-açúcar em um solo com $0,012 \text{ g g}^{-1}$ de carbono orgânico, $1,3 \text{ kg L}^{-1}$ de densidade total e $0,28 \text{ g g}^{-1}$ de água. A biomassa total fresca de plantas foi estimada em $80.000 \text{ kg ha}^{-1}$, com uma taxa de transpiração média de $32.000 \text{ L dia}^{-1} \text{ ha}^{-1}$, com uma taxa de crescimento médio de $0,05 \text{ dia}^{-1}$ e com uma taxa de metabolismo dos herbicidas nas plantas de $0,0462 \text{ dia}^{-1}$, estimada a partir da média dos valores dos tempos de meia-vida de compostos orgânicos em vegetação apresentados em Cousins & Mackay (2001).

Resultados e Discussão

Considerando os valores do BCF da Tabela 1, temos que os herbicidas 2,4-D, hexazinone, atrazine e metribuzin são os herbicidas mais prováveis de serem encontrados em

cana-de-açúcar seguidos por acetochlor, tebuthiuron e simazine. Pode-se observar pela Figura 1, na qual é apresentado o gráfico da regressão linear entre a variável independente $\log K_{OC}$ e a variável dependente $\log BCF$, que existe uma correlação negativa entre o BCF de herbicidas em cana-de-açúcar e o K_{OC} do herbicida no solo. Os herbicidas picloram, imazapyr, pendimethalin e trifluralin são os que têm os menores valores de BCF. Esses últimos herbicidas têm em comum $\log K_{ow} = 5$ ou $\log K_{ow} = 10$ (Tabela 1), acarretando baixos valores de K_{PW} e de $TSCF_{solo}$ ou acarretando altos valores de K_{OC} e baixos valores de $TSCF_{solo}$. Os herbicidas que conjuntamente têm os menores K_{PW} , os menores K_{OC} e os maiores $TSCF_{solo}$ são os herbicidas com os maiores valores de BCF, logo os que podem bioconcentrar em plantas. Caux et al. (1997), encontraram resíduos de tebuthiuron em plantas de cana-de-açúcar cultivadas em solos tratados com tebuthiuron.

Tabela 1. Características físico-químicas e BCF de herbicidas em cana-de-açúcar.

Herbicida	logKow	Meia-vida	Koc	Kpw	TSCFsolo	BCF
2.4-D	2,81	10 ^(a)	20 ^(a)	32	0,3445	3,5109
hexazinone	1,85	90 ^(a)	54 ^(a)	8	0,1601	0,4625
atrazine	2,61	60 ^(a)	100 ^(a)	24	0,1145	0,4526
metribuzin	1,7	40 ^(a)	60 ^(a)	6	0,1358	0,3852
acetochlor	3,03	13 ^(b)	261 ^(b)	45	0,0436	0,3365
tebuthiuron	1,79	360 ^(a)	80 ^(a)	7	0,1139	0,3063
simazine	2,18	60 ^(a)	130 ^(a)	13	0,0881	0,3051
sulfentrazone	0,99	310 ^(b)	23 ^(b)	2	0,1369	0,2038
clomazone	2,5	24 ^(a)	300 ^(a)	21	0,0427	0,1968
ametryn	2,98	60 ^(a)	300 ^(a)	41	0,0390	0,1656
diuron	2,68	90 ^(a)	480 ^(a)	27	0,0269	0,1041
picloram	0,3	90 ^(a)	16 ^(a)	1	0,0612	0,0433
imazapyr	0,22	90 ^(a)	100 ^(a)	1	0,0153	0,0098
pendimethalin	5,18	90 ^(a)	5000 ^(a)	1018	0,0002	0,0008
trifluralin	5,34	60 ^(a)	8000 ^(a)	1285	0,0001	0,0003

^(a)Hornsby et al. (1998); ^(b)Nicholls (1994).

$\log\text{BCF} = 1,291 - 1,045\log\text{Koc}$, $p < 0,01$, $n = 15$, Coef. cor. = $-0,76$

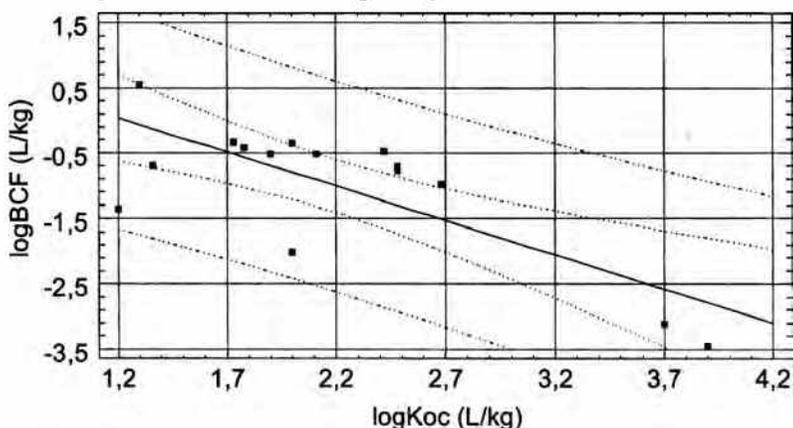


Figura 1. Gráfico da regressão linear entre $\log K_{oc}$ e $\log\text{BCF}$ de herbicidas em cana.

Literatura Citada

BURKEN, J. G.; SCHNOOR, J. L. Predictive relationships for uptake of organic contaminants by hybrid poplar trees. **Environmental Science and Technology**, Washington, v. 32, n. 21, p. 3379-3385, 1998.

CAUX, P.Y; KENT, R.A.; BERGERON, V.; WARNER, J.E.; BUSHARDA, J. Canadian water quality guidelines for tebuthiuron. **Environmental Toxicology and Water Quality**, New York, v. 12, n. 1, p. 61-95, 1997.

COUSINS, I. T.; MACKAY, D. Strategies for including vegetation compartments in multimedia models. **Chemosphere**, Oxford, v. 44, p. 643-654, 2001.

FUJISAWA, T.; ICHISE, K.; FUKUSHIMA, M.; KATAGI, T.; TAKIMOTO, Y. Improved uptake models of nonionized pesticides to foliage and seed of crops. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Washington, v. 50, p. 532-537, 2002.

HORNSBY, A. G.; DON WAUCHOPE, R.; HERNER, A. E. **Pesticide properties in the environment**. New York: Springer-Verlag, 1995. 227 p.

HUNG, H.; MACKAY, D. A novel and simple model of the uptake of organic chemicals by vegetation from air and soil. **Chemosphere**, Oxford, v. 35, p. 959-977, 1997.

NICHOLLS, P. H. Physicochemical evaluation: the environment, and expert system for pesticide preregistration assessment. In: BRIGHTON CROP PROTECTION CONFERENCE, 1994. **Pests and diseases: proceedings**. Brighton: British Crop Protection Council, 1994. v. 3, p. 1337-42.

PARAÍBA L.C. Pesticide bioconcentration modelling for fruit trees. **Chemosphere**, Oxford, v. 66, p. 1468-1475, 2007.

TRAPP, S. Fruit tree model for uptake of organic compounds from soil and air. **Sar and Qsar in Environmental Research**, London, v. 18, n. 3-4, p. 1-21, 2007.

TRAPP, S.; MATTHIES, M. Genetic one-compartment model for uptake of organic chemicals by foliar vegetation. **Environmental Science and Technology**, Washington, v. 29, p. 2333-2338, 1995.

TRAPP, S.; MIGLIORANZA, K. S. B.; MOSBAEK, H. Sorption of lipophilic organic compounds to wood and implications for their environmental fate. **Environmental Science and Technology**, Washington, v. 35, p. 1561-1566, 2001

TRAPP, S.; RASMUSSEN, D.; SAMSØE-PETERSEN, L. Fruit tree model for uptake of organic compounds from soil. **Sar and Qsar in Environmental Research**, London, v. 14, n. 1, p. 17-26, 2003.

Capítulo 9

*Resistência de Culturas e Plantas Daninhas a
Herbicidas*

Crop and Weed Resistance to Glyphosate: A Global Overview

Chris M. Boerboom¹

¹Dept. of Agronomy, University of Wisconsin – Madison, Madison, WI 53706

Abstract

The goal of weed management is to protect crop yield and the use of glyphosate in glyphosate-resistant crops is a cost effective method to control weeds. Glyphosate's high efficacy and other benefits to growers fueled the global adoption of glyphosate-resistance crops, which has exceeded 80 million hectares in 12 years. Glyphosate-resistant weeds did not evolve resistance during the first 22 years that glyphosate was used, but 13 weeds have subsequently become glyphosate-resistant in conventional and glyphosate-resistant cropping systems because of the scale and intensity of glyphosate use. Glyphosate-resistant weeds may reduce the value of glyphosate or glyphosate-resistant crops in many scenarios, especially when individual species are resistant to multiple modes of action or when multiple glyphosate-resistant species exist in the same field. To preserve the benefits of glyphosate-based technologies, growers need to improve their stewardship of glyphosate by maintaining herbicide diversity. Initially, growers need to be aware of the potential for glyphosate-resistant weeds to evolve. Next, education is needed about practices to lessen the selection intensity. However, a primary barrier to improving glyphosate stewardship is the cost of additional herbicides or management practices. This cost may be lower than the increased cost of controlling glyphosate-resistant weeds in the future or may improve overall weed management and crop yield protection. Industry and growers are encouraged to work collectively to increase glyphosate stewardship.

Keywords: corn, cotton, soybean, stewardship.

Introduction

The goal and principles of weed management for profitable crop production are simple in concept, but often challenging to implement and sustain over time. The goal of weed management is to protect a crop's yield potential in an environmentally safe and economic manner. To achieve this goal, management practices are employed based on integrated principles such as the knowledge of field-specific weed populations, critical periods of weed control, and economic thresholds. However, it may be challenging to implement and sustain these concepts when new technologies such as glyphosate-resistant crops are available and perceived to be "simple" and used without regard to these principles.

Glyphosate and glyphosate-resistant crops are one set of the inputs or technologies that have significantly affected weed management. A major benefit of glyphosate's use has been the potential and adoption of no-tillage systems, which protect soil resources (Cerdeira and Duke, 2006). In contrast, glyphosate-resistant crops do not have an inherent benefit such as increased crop yield potential. Rather, this resistance technology only allows the selective use of glyphosate, which offers excellent broad-spectrum efficacy, excellent crop safety, and no rotational limitations at a favorable price. However, two negative issues that may occur with the use of glyphosate in glyphosate-resistant crops are 1) suboptimal weed management and 2) glyphosate-resistant weeds. The principle cause of suboptimal weed management may occur when postemergence applications of glyphosate are delayed beyond the critical period of weed removal (e.g. Hall et al., 1992; Mulugeta and Boerboom, 2000). Hence, the crop yield's potential is compromised. Suboptimal weed control may also occur with delayed applications because glyphosate's efficacy may be reduced if the weed's size is too large when treated. The second concern with the extensive use of glyphosate is the continued evolution of

glyphosate-resistant weeds, which may erode the value of both glyphosate and glyphosate-resistant crops. This article will focus primarily on glyphosate-resistant weeds, but will address suboptimal weed management within this context.

A Brief Chronicle of Glyphosate Developments

The history of glyphosate is traced to 1970 when the herbicidal activity of glyphosate was first discovered (Alibhai and Stallings, 2001). Glyphosate was first marketed in 1974, but its use was limited to spot, selective, and burndown applications for over 2 decades because of its nonselective activity. During this time, the evolution and identification of glyphosate-resistant weeds was limited. Although at least one glyphosate-tolerant biotype (e.g. field bindweed, *Convolvulus arvensis*) was described within a decade of commercial use (DeGennaro and Weller, 1984), the first glyphosate-resistant weed to evolve under field conditions was rigid ryegrass (*Lolium rigidum*) in 1996 in Australia (Powles et al., 1998) followed by goosegrass (*Eleusine indica*) in 1997 in Malaysia (Lee and Ngim, 2000). The development and marketing of glyphosate-resistant soybean in 1996 allowed the first selective use of glyphosate in-crop. Despite the contention that weeds would be unlikely to evolve glyphosate resistance (Bradshaw et al., 1997), glyphosate-resistant horseweed (*Conyza canadensis*) was reported within a glyphosate-based soybean cropping system in 2000 (VanGessel, 2001). Since the commercial introduction of glyphosate, a glyphosate-resistant weed did not evolve resistance for 23 years, which supports the contention that resistance is a rare event. However, horseweed evolved resistance by 5 years after the introduction of glyphosate-resistant soybean, which suggests that increased glyphosate use and reduced use of alternative control practices significantly increased the selection intensity for resistance.

Current Status of Glyphosate Traits and Resistance

The current status of global glyphosate use, glyphosate-resistant crops, and expanding frequency of glyphosate-resistant weeds are interrelated. Estimates of glyphosate-resistant corn, soybean, cotton, and canola for 2007 were projected to total 84 million hectares (Table 1, Monsanto 2007). In the U.S., glyphosate-resistant soybean had previously dominated the percentage of hectares planted, but the adoption of glyphosate-resistant corn has increased rapidly. Consequently, about 52 million hectares of glyphosate-resistant crops were projected to be planted in the U.S. in 2007. A high percentage of soybean in Argentina (approximately 15.8 million ha) are planted with glyphosate-resistant varieties whereas the percentage in Brazil has increased rapidly in the last 4 years and accounts for approximately 9.3 million hectares.

Table 1. Hectares of glyphosate-resistant soybean, corn, cotton, and canola planted in major growing regions from 1996 to 2006 with forecasted hectares for 2007 (Adapted from Monsanto 2007).

Glyphosate-resistant plantings												
Crop	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007
	ha x 10 ⁶											
Soybean												
U.S.	0.5	3.2	11.8	16.4	18.2	22.2	24.3	25.7	27.2	26.9	29.0	25.7
Argentina	-	0.2	1.6	5.5	6.9	9.2	11.0	12.1	12.9	14.0	15.1	15.8
Brazil	-	-	-	-	-	-	-	-	3.0	5.0	7.9	9.3
Other	-	-	-	0.1	0.2	0.2	0.4	0.6	1.0	2.3	2.3	2.8
Corn												
U.S.	-	-	0.4	0.9	1.1	1.8	3.2	4.9	6.9	10.0	13.2	22.5
Other	-	-	-	<0.1	<0.1	0.1	0.1	0.2	0.2	0.2	0.6	1.0
Cotton												
U.S.	-	0.3	1.1	2.5	3.5	4.3	4.0	4.0	4.3	4.4	4.6	4.0
Other	-	-	-	-	-	-	0.1	0.1	0.1	0.2	0.4	0.6
Canola												
Canada	-	0.2	1.1	2.0	1.7	1.6	1.6	2.2	2.3	2.5	2.1	2.0
Other	-	-	-	0.1	0.3	0.4	0.4	0.3	0.2	0.2	0.2	0.2
Total	0.5	3.9	16.0	27.5	31.9	39.9	45.0	50.1	58.1	65.6	75.2	83.7

The relationship of glyphosate-resistant crops and glyphosate use is inevitable as nearly all fields planted with glyphosate-resistant crops will be treated with glyphosate and a significant percentage of fields will be treated more than once. The consequence of the wide-scale application of glyphosate greatly increases the selection intensity for glyphosate-resistant weeds. Of course, the ultimate frequency of glyphosate application to a given field will depend on the cropping system. It is obvious that a monoculture of a glyphosate-resistant crop will increase the frequency of glyphosate applications. However, a similar intensity of use can exist within a crop rotation. For instance, growers in the American state of Minnesota planted 92% glyphosate-resistant soybean in 2007 and 60% of the planted corn hybrids had either a single herbicide-resistance trait or a stacked gene trait (USDA-ERS, 2007). As a consequence, it is highly probable that a majority of corn planted in rotation after soybean in 2008 will be a glyphosate-resistant hybrid and will be treated with glyphosate. A similar situation exists in the southern U.S. where cotton and soybean are grown in rotation. The intensity of glyphosate use can be increased further depending on the tillage system such as when glyphosate is used both as a burndown herbicide prior to planting and as a postemergence herbicide in-crop. The intensity of use may also be greater in non-competitive crops like glyphosate-resistant sugar beets where three glyphosate applications have been recommended.

After the initial selection of glyphosate-resistant rigid ryegrass, Powles et al. (1998) stated "It is prudent to accept that resistance can occur to this highly valuable herbicide and to encourage glyphosate use patterns within integrated strategies that do not impose a strong selection pressure for resistance." Unfortunately, glyphosate use patterns have not been effectively integrated with other management strategies and the number and distribution of glyphosate-resistant weeds have continued to increase. Currently, 13 glyphosate-resistant weed species are reported globally

(Table 2, Heap, 2008). Table 2 is arranged to show the number of states in the U.S. with glyphosate-resistant species and glyphosate-resistance in other countries. The intent of this arrangement is to highlight that nearly as many glyphosate-resistant weeds occur in the U.S. (eight) as the total of all other countries (nine). Brazil has the second most glyphosate-resistant species with four. Also, the distribution of glyphosate-resistant weeds is wide spread for some species in the U.S. as indicated by the number of states infested. With certain species like Palmer amaranth (*Amaranthus palmeri*), the number of infested states is under reported based on personnel communications. Overall, it appears that a strong relationship exists between the evolution of glyphosate-resistant weed species and adoption of glyphosate-resistant crops (Figure 1). Although some of these species evolved resistance in cropping systems that were not based on glyphosate-resistant crops, the overall relationship is still apparent.

Table 2. Summary of glyphosate-resistant weeds confirmed in the United States and in other countries (Adapted from Heap 2008).

Weed species	United	
	States	Other countries
	(no.)	
Dicotyledons		
buckhorn plantain	<i>Plantago lanceolata</i>	South Africa
common ragweed	<i>Ambrosia artemisiifolia</i>	4
giant ragweed	<i>Ambrosia trifida</i>	3
hairy fleabane	<i>Conyza bonariensis</i>	1 Brazil, Colombia, Spain, South Africa
horseweed	<i>Conyza canadensis</i>	16 Brazil, China, Spain, Czech Republic
Palmer amaranth	<i>Amaranthus palmeri</i>	4
waterhemp	<i>Amaranthus rudis</i>	3
wild poinsettia	<i>Euphorbia heterophylla</i>	Brazil
Monocotyledons		
goosegrass	<i>Eleusine indica</i>	Malaysia
Italian ryegrass	<i>Lolium multiflorum</i>	2 Brazil, Chile
Johnsongrass	<i>Sorghum halepense</i>	Argentina
jungerice	<i>Echinochloa colona</i>	Australia
rigid ryegrass	<i>Lolium rigidum</i>	1 Australia, France, South Africa

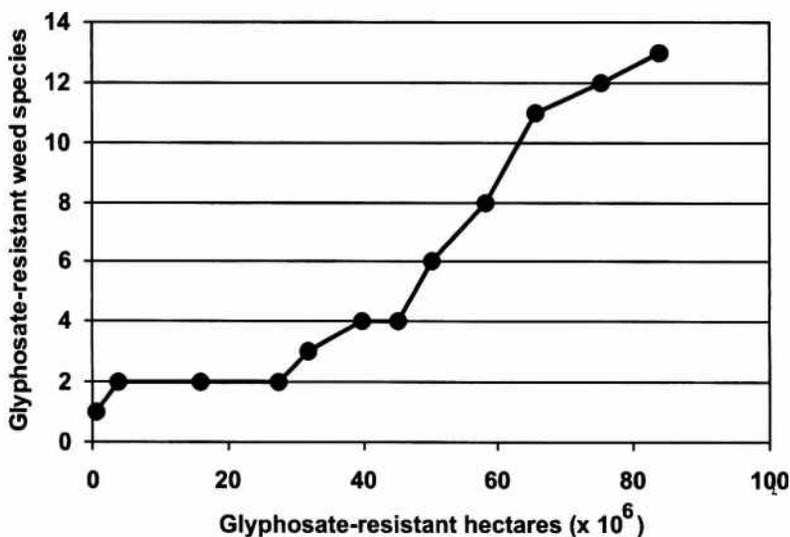


Figure 1. Relationship of number of hectares planted to glyphosate-resistant crops and the occurrence of glyphosate resistant weed species (not all species evolved resistance in glyphosate-resistant cropping systems).

Implications of Glyphosate-Resistant Weeds

A legitimate question to ask is whether or not glyphosate-resistant weeds are of concern or if they significantly affect the value and utility of glyphosate and glyphosate-resistant crops. A survey by Scott and VanGessel (2007) reports that a majority soybean growers in the American state of Delaware believe that glyphosate-resistant horseweed reduces the value of glyphosate-resistant soybean and decreases the rental values of infested fields. In some situations, it is argued that the impact is not great because the glyphosate-resistant weed could be easily controlled by mixing a second herbicide with glyphosate (Green, 2007). It is also argued that other herbicides such as atrazine retained their utility after triazine-resistance developed. While both of these contentions are true, some of the benefits of these glyphosate technologies may still be lost. For instance, the cost of control will increase, the

risk of crop injury may increase with the second herbicide, and the simplicity of the system is reduced. In general, I would concur that a single species with glyphosate resistance is a situation that can be managed. However, glyphosate-resistance species that develop multiple resistance will be challenging to control in certain cropping systems. Five glyphosate-resistant species are resistant to one or two other modes of action (Heap, 2008). Of these species, waterhemp (*Amaranthus rudis*) with resistance to glyphosate, ALS-inhibitors, and PPO-inhibitors and giant ragweed (*Ambrosia trifida*) with glyphosate and ALS-inhibitor resistance are major threats in U.S. soybean. Another challenging management problem will occur when multiple species with glyphosate resistance develop within the same field. One field in the U.S. has glyphosate-resistant horseweed and giant ragweed and glyphosate "tolerant" common lambsquarters (*Chenopodium album*). Management options in such scenarios will be challenging as mixing one single herbicide with glyphosate may not control all of the different glyphosate-resistant species.

Glyphosate Stewardship

Globally, the total impact of glyphosate-resistant weeds is still minimal, which is to our collective advantage because time exists to improve glyphosate stewardship. Improved glyphosate stewardship begins with greater grower awareness. Even with awareness, growers may lack sufficient concern. In 2004, a majority (65%) of corn and soybean growers in the American state of Indiana had either a low or moderate concern about the development of glyphosate-resistant weeds despite educational efforts (Johnson and Gibson, 2006). Misconceptions also persist that new herbicides with a different mode of action will be marketed to control resistant weeds (Scott and VanGessel, 2007). Other growers may believe solutions reside in crops with new herbicide-resistant traits (Green, 2007). Although some growers may lack concern, many growers understand that repeated herbicide use selects for resistant weeds (Johnson

and Gibson, 2006). One challenge appears to be increasing the grower's level of concern so they consider improving their management practices. A major barrier to increasing the level of stewardship is that the cost of control is frequently increased. However, the cost can be modeled to determine if proactive management more cost efficient than reacting after glyphosate-resistance evolves (Mueller et al., 2005). In a case study of waterhemp, more costly proactive management was profitable in the long-term even if glyphosate-resistance did not evolve in this weed for 20 years.

Although a grower's proactive management may avoid or delay financial penalties associated with a glyphosate-resistant weed, growers are resistant to change to prevent a future, unpredictable problem. The proactive options to reduce selection pressure are no different now than those proposed years ago. Simply, weed management programs should maintain herbicide diversity through rotations, sequential applications, and tank mixtures and should be integrated with other control practices. Many extension weed scientists in the U.S. have promoted the other benefits that proactive or integrated weed management practices offer, which include resistance management as a secondary benefit. A common strategy that is promoted is to use a preemergence, residual herbicide in sequence before a postemergence glyphosate application. This has an excellent fit in corn production. For resistance management, this lessens the selection pressure by introducing a second herbicide with a different mode of action and it reduces the number of individuals that are exposed to selection (Stoltenberg, 2008). A key feature to the success of this strategy is that the preemergence herbicide(s) has an overlapping spectrum of control as glyphosate. Otherwise, species not controlled by the preemergence herbicide would only be controlled by glyphosate and the selection intensity would not be reduced. The agronomic benefits of sequential herbicide applications are minimizing early-season weed competition, greater glyphosate efficacy because smaller

weeds are treated, greater flexibility in timing postemergence glyphosate applications, and reduced risk of crop yield loss. These agronomic benefits become economic benefits that can be promoted to growers.

The U.S. has planted the most hectares of glyphosate-resistant crops in the world and consequently has the unfortunate distinction of having the greatest number and area infested with glyphosate-resistant weed species. I hope that lessons from the U.S. experience are observed and not repeated in other crops or regions of the world as the use of these glyphosate technologies are either introduced, continued, or increased. Industry acknowledgement of the potential and negative impacts of glyphosate-resistant weeds, education of growers on this issue, and grower adoption of glyphosate stewardship practices will extend the value of these glyphosate technologies. A coordinated and collaborative effort is encouraged to achieve this goal.

Literature Cited

ALIBHAI, M. F.; STALLINGS, W. C. Closing down on glyphosate inhibition - with a new structure for drug discovery. **Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America** Washington, v. 98, p. 2944-2946, 2001.

BRADSHAW, L. D.; PADGETTE, S. R.; KIMBALL, S. L.; WELLS, B. H. Perspectives on glyphosate resistance. **Weed Technology**, Champaign, v. 11, p. 189-198, 1997.

CERDEIRA, A. L.; DUKE, S. O. The current status and environmental impacts of glyphosate-resistant crops. **Journal of Environmental Quality**, Madison, v. 35, p.1633-1658, 2006.

DEGENNARO, F. P.; WELLER, S. C. Differential susceptibility of field bindweed (*Convolvulus arvensis*) biotypes to glyphosate. **Weed Science**. v.32, p.472-476, 1984.

JOHNSON, W. G.; GIBSON, K. D. Glyphosate-resistant weeds and resistance management strategies: An Indiana grower perspective. **Weed Technology**, Champaign, v. 20, p. 768-772, 2006.

GREEN, J. M. Review of glyphosate and ALS-inhibiting herbicide crop resistance and resistant weed management. **Weed Technology**, Champaign, v. 21, p. 547-558, 2007.

HALL, M.R., SWANTON, C.J., ANDERSON, G.W. The critical period of weed control in grain corn (*Zea mays*). **Weed Science**, Ithaca, v. 40, p. 441-447, 1992.

HEAP, I. The international survey of herbicide resistant weeds. Disponível em: <http://www.weedscience.com>, 2008.

LEE, L. J.; NGIM, J. A first report of glyphosate-resistant goosegrass (*Eleusine indica* (L) Gaertn) in Malaysia. **Pest Management Science**, Sussex, v. 56, p. 336-339, 2000.

MONSANTO. Preliminary forecast. Monsanto biotechnology trait acreage: fiscal years 1996 to 2007. St. Louis, 2008. Disponível em: <http://www.monsanto.com/pdf/pubs/2007/Q32007Acreage.pdf>

MUELLER, T. C.; MITCHELL, P. D.; CULPEPPER, A. S. Proactive versus reactive management of glyphosate-resistant or -tolerant weeds. **Weed Technology**, Champaign, v. 19, p. 924-933, 2005.

MULUGETA, D., BOERBOOM, C. M. Critical time of weed removal in glyphosate-resistant *Glycine max*. **Weed Science**, Ithaca, v. 48, p. 35-42, 2000.

POWLES, S. B.; LORRAINE-COLWILL, D. F.; DELLOW, J. J.; PRESTON, C. Evolved resistance to glyphosate in rigid ryegrass (*Lolium rigidum*) in Australia. **Weed Science**, Ithaca, v. 46, p. 604-607, 1998.

SCOTT, B. A.; VANGESSEL, M. J. Delaware soybean grower survey on glyphosate-resistant horseweed (*Conyza canadensis*). **Weed Technology**, Champaign, v. 21, p. 270-274, 2007.

STOLTENBERG, D. Effectiveness of glyphosate resistance management practices. **Proceedings of the 2008 Wisconsin Fertilizer Aglime, and Pest Management Conference**, v. 47, p. 107-110, 2008. Disponível em: <http://www.soils.wisc.edu/extension/wfapmc/2008/pap/Stoltenberg.pdf>

USDA. Economic Research Service. **Adoption of genetically engineered crops in the U.S.** Washinton, 2007. Disponível em: <http://www.ers.usda.gov/Data/BiotechCrops>.

VANGESSEL, M. J. Glyphosate-resistant horseweed from Delaware. **Weed Science**, Ithaca, v. 49, p. 703-705, 2001.

Manejo e Controle de Plantas Daninhas Resistentes ao Glifosato no Brasil

Mario Antônio Bianchi¹; Leandro Vargas²; Mauro Antônio Rizzardi³

¹Fundacep. RS 342, km 149, 98005-970, Cruz Alta-RS, mariobianchi@fundacep.com.br;

²Embrapa Trigo. BR 285, Km 294, 99001-970, Passo Fundo-RS, vargas@cnpt.embrapa.br;

³Universidade de Passo Fundo. BR 285, Km 171, 99001-970, Passo Fundo-RS. rizzardi@upf.tche.br.

Palavras-chave: Buva, azevém, herbicida, mecanismo de ação.

Os herbicidas são uma importante ferramenta de controle de plantas daninhas, sendo, em muitos casos, a melhor opção disponível. O manejo e os herbicidas utilizados provocam alterações na flora daninha. Isso se explica pelo fato dos herbicidas não controlarem igualmente as diferentes espécies existentes numa área, com isso algumas acabam sendo beneficiadas e se multiplicam. Nessas situações, plantas de baixa ocorrência podem se multiplicar e se tornar um grave problema para o produtor.

A história recente do controle químico de plantas daninhas em soja no Brasil mostra que espécies tolerantes e resistentes foram selecionadas pelo uso de herbicidas. No início da década de 1980, o leiteiro (*Euphorbia heterophylla*) foi selecionado devido à ineficiência dos herbicidas disponíveis. Pelo mesmo motivo, no início da década de 1990, surgiu o balãozinho (*Cardiospermum halicacabum*). O primeiro caso de resistência de plantas daninhas aos herbicidas no Brasil foi identificado em 1992, quando foi constatada a resistência de biótipo de leiteiro aos herbicidas inibidores da enzima ALS (Heap, 2008). Logo em seguida, foram constatados biótipos de picão-preto (*Bidens pilosa*) resistentes aos herbicidas deste mesmo mecanismo de ação. A introdução de cultivares de soja resistente ao herbicida glifosato permitiu que biótipos de leiteiro e picão-preto resistentes aos herbicidas inibidores de ALS e o balãozinho fossem

controlados com o glifosato, tornando-se uma solução eficiente e barata para a resistência e plantas de difícil controle.

O uso do glifosato no manejo de plantas daninhas antes da semeadura no “sistema plantio direto” combinado com a adoção de cultivares de soja resistente a esse herbicida vem exercendo forte pressão de seleção sobre as espécies daninhas. Atualmente se nota que espécies daninhas como corriolas (*Ipomoea* spp.), poaia-branca (*Richardia brasiliensis*) e trapoeraba (*Commelina* spp.) permanecem nas lavouras. Como exemplo, a corriola tinha frequência de 36% nas lavouras de soja do RS na safra 1994/95 e a buva (*Conyza bonariensis*) praticamente não era observada; já, na safra 2005/06, a corriola esteve presente em 94% das lavouras e a buva em 30% (Bianchi, 2007). Dessa forma, o uso contínuo e repetido de um mesmo herbicida ou de herbicidas com mesmo mecanismo de ação, torna a seleção de espécies tolerantes e/ou resistentes inevitável.

Há mais de 20 anos, o glifosato é utilizado pelos agricultores brasileiros, principalmente no controle de plantas daninhas antes da semeadura no “sistema plantio direto”. A introdução de cultivares de soja resistente ao glifosato fez com que o uso desse herbicida fosse ampliado no número de aplicações, na dose utilizada e na área aplicada, situação resulta em maior pressão de seleção e na redução do tempo de aparecimento de um biótipo resistente.

Recentemente, no Brasil, foram identificados biótipos resistentes ao glifosato (inibidor da EPSPS) em azevém (*Lolium multiflorum*) (Roman et al., 2004; Vargas et al., 2004), em buva (*Conyza bonariensis* e *Conyza canadensis*) (Vargas et al., 2006; Moreira et al., 2007) e em leiteiro (Heap, 2008). Esses fatos restringem o uso do glifosato nas áreas onde ocorre o problema, resultando no aumento do custo de controle das plantas daninhas.

Medidas gerais de controle

Para evitar o agravamento da seleção de espécies resistentes e para prolongar o tempo de utilização eficiente da tecnologia de culturas com resistência ao glifosato, recomenda-se a adoção das seguintes práticas: a) Arrancar e destruir plantas suspeitas de resistência; b) Não usar mais do que duas vezes consecutivas herbicidas com o mesmo mecanismo de ação em uma área; c) Alternar o uso de herbicidas com diferentes mecanismos de ação; d) Realizar aplicações seqüenciais de herbicidas com diferentes mecanismos de ação; e) Praticar a rotação de culturas; f) Monitorar a população de plantas daninhas identificando o início do aparecimento da resistência; g) Evitar que plantas resistentes ou suspeitas produzam sementes; h) Usar práticas para esgotar o banco de sementes.

Azevém resistente ao glifosato

O azevém é uma espécie anual, de estação fria, utilizada principalmente como forrageira e para fornecimento de palha para o sistema plantio direto. Caracteriza-se pela dispersão fácil das sementes, tanto pelo gado como pelo homem (troca de sementes entre agricultores). Seu controle para formar a palhada no "sistema de plantio direto" e em pomares, é realizado geralmente com o glifosato.

O glifosato era considerado um produto com baixo risco para seleção de biótipos resistentes. Este conceito tem mudado. No RS, Vargas et al. (2007) identificaram biótipos de azevém resistentes ao glifosato nos municípios de Vacaria, Lagoa Vermelha, Tapejara, Bento Gonçalves, Ciríaco, Carazinho e Tupanciretã.

A rotação de culturas é uma prática que oportuniza o uso de herbicidas com mecanismos de ação diferentes e eficientes sobre o azevém resistente ao glifosato. Nesse sentido, a presença do milho em sistemas de rotação de culturas que incluem ainda soja e trigo, reduziu em mais de

85% a população de azevém na cultura de trigo (Bianchi e Theisen, 2006a). Outra prática de manejo importante é utilizar cultivares de trigo com elevada capacidade competitiva para exercer forte supressão do crescimento de plantas de azevém (Lemerle et al., 2001; Bianchi e Theisen, 2006b).

Como medida de controle químico de biótipos de azevém resistente ao glifosato podem ser utilizados, em geral, os herbicidas inibidores da ACCase (ex.: cletodim, stoxidim). Esses produtos controlam com eficiência o azevém, se constituindo em alternativas para manejo antes da semeadura das culturas de trigo e milho. Como complemento a esse controle, herbicidas a base de paraquate, paraquate + diurom e amônio glufosinato podem ser utilizados logo antes da semeadura para eliminar plantas de azevém que emergiram após a primeira aplicação de herbicida (Vargas et al., 2007). Além disso, após a emergência das culturas, controlam o azevém resistente e sensível ao glifosato, os herbicidas à base de iodossulfurom, diclofope e clodinafope, na cultura de trigo; foramsulfurom + iodossulfurom, nicosulfurom e atrazina, na cultura do milho e inibidores de ACCase em soja.

Buva resistente ao glifosato

Nos últimos quatro anos observou-se controle insatisfatório da buva com uso do herbicida glifosato na região noroeste do RS e no oeste do PR. No RS, estudos confirmaram a ocorrência de biótipo resistente ao glifosato (Vargas et al., 2006), cujas plantas sobreviveram a doses duas a três vezes maiores do que a dose máxima recomendada para o controle (1440 g e.a. ha⁻¹). No estado de São Paulo também foram identificados biótipos de buva resistentes ao glifosato (Moreira et al., 2007).

A buva, espécie anual que produz mais de 100 mil sementes por planta, possui propágulos facilmente transportados pelo vento e que germinam a temperaturas de 15 a 25°C em solo com boa umidade. Em *C. canadensis* a

germinação é aumentada na presença da luz direta, e quando as sementes estiverem na superfície do solo (Nandula et al., 2006).

Atualmente, mais de 90% das lavouras do RS em que cultivam cereais de inverno, milho e soja se caracterizam pela adoção do “sistema plantio direto” e pelo uso de cultivares de soja resistente ao glifosato. Durante a estação fria, lavouras com pastagem anual mal manejada, com ataque do coró-das-pastagens (*Diloboderus abderus*) aos cereais ou sob pousio, possuem pouca cobertura do solo com palha, o que facilita o intenso estabelecimento desta espécie, especialmente devido a maior incidência de luz sobre a superfície do solo.

Além da cobertura vegetal deficiente, é necessário considerar que mudou o controle químico de plantas daninhas adotado na cultura de soja. Até o final da década de 1990, o controle de espécies dicotiledôneas basicamente era realizado em pré-emergência com herbicidas a base de imazaquim. Essa modalidade de controle foi substituída pelo uso do glifosato em cultivares resistentes a este produto.

Especula-se que a substituição do imazaquim, eficaz sobre ambas as espécies de buva quando aplicado em pré-emergência (Lorenzi, 2006), tenha contribuído para o aumento da população de buva na região noroeste do RS. Essa hipótese se reforça pelo fato do primeiro biótipo de buva resistente ao glifosato, ter sido encontrado em Tupanciretã, um dos primeiros municípios a adotar em grande escala cultivares resistentes ao herbicida glifosato.

A cobertura do solo com adubos verdes, pastagens manejadas adequadamente ou trigo, conduz à redução da densidade de plantas de buva (Tabela 1), o que facilita o controle dessa espécie antes da semeadura da soja. Porém, devido a grande produção e fácil dispersão das sementes e a necessidade de temperaturas amenas para germinação, se espera fluxo de germinação após a emergência de culturas

como milho e soja no “sistema plantio direto”. Nesses casos, indica-se usar em pré-emergência os herbicidas atrazina em milho e imazaquim, diclosulam, sulfentrazone em soja, e em pós-emergência o 2,4-D em milho e lactofem, fomesafem, imazetapir, cloransulam e clorimurom em soja.

Tabela 1. Influência do tipo de cultivo no outono/inverno sobre a população de buva (*Conyza bonariensis*) presente antes da semeadura da soja. Fundacep, Cruz Alta, RS, 2007.

Cultivo	População (plantas m ⁻²)
Pousio	26,7 (± 3,5) ¹ a ²
Trigo	2,2 (± 0,6) b
Probabilidade do teste F para Tratamento	< 0,0001
Coefficiente de variação (%)	80,2

¹Valores entre parêntesis indicam o erro padrão da média. ² Médias seguidas pela mesma letra não diferem pelo teste de Duncan a 5% de probabilidade do erro. Fonte: Bianchi, 2007 (Dados não publicados).

Recomenda-se manejar as áreas infestadas com buva (resistente e suscetível ao glifosato) de forma a evitar a produção de sementes. O controle manual, as aplicações localizadas de herbicidas e a instalação de culturas para cobertura do solo são algumas alternativas. O controle dos biótipos resistentes é mais eficiente quando realizado durante o inverno com metsulfurom ou 2,4-D, devido ao pequeno porte das plantas.

No manejo antes da semeadura do milho ou da soja, geralmente, as plantas de buva são mais desenvolvidas (30 a 40cm de estatura), sendo o controle eficiente obtido com 2,4-D (1005g a 1340g e.a. ha⁻¹) ou clorimurom (15 a 20 g ha⁻¹) associados ao glifosato (1080 g e.a. ha⁻¹) ou o uso isolado de amônio glufosinato (Rizzardi et al., 2007). Aplicações seqüenciais apresentam melhores resultados. Nesse caso, a primeira com glifosato associado ao 2,4 D ou ao clorimurom sucedida por outra, 15 a 20 dias depois (logo antes da semeadura), com paraquate + diurom (150g + 300g ha⁻¹) (Vargas et al., 2007).

Leiteiro resistente ao glifosato

O leiteiro é uma espécie anual com propagação por sementes, sendo as mesmas arremessadas a curta distância da planta-mãe devido à deiscência explosiva do fruto. As sementes germinam em grande quantidade quando a temperatura fica entre 25 a 30°C.

O primeiro biótipo de leiteiro resistente ao glifosato no Brasil é resistente também aos herbicidas inibidores de ALS (Heap, 2008). Considerando a soja resistente ao glifosato, isso pode se tornar um grande problema para o controle, visto que os herbicidas eficazes sobre o leiteiro pertencem a esses dois mecanismos de ação (inibidores de EPSPS e ALS).

Considerando-se a resistência múltipla do leiteiro, o controle químico em soja se limita a herbicidas inibidores de Protoplasto, como sulfentrazone, lactofem, fomesafem e acifluorfem. A rotação de culturas com milho é uma oportunidade de controle, desde que sejam utilizados herbicidas com mecanismos de ação diferentes, como inibidores de fotossistema II (ex.: atrazina), auxinas sintéticas (ex.: 2,4-D) e inibidores de HPPD (ex.: mesotriona). No caso do uso de cultivares transgênicas de milho (resistentes ao glifosato ou ao amônio glufosinato), o glifosato deverá ser aplicado associado com herbicida eficiente sobre leiteiro e de outro mecanismo de ação. Os cultivares resistentes ao amônio glufosinato se constituirão numa ferramenta importante para o controle dos biótipos de leiteiro com resistência múltipla.

Considerações finais

A resistência de espécies daninhas ao glifosato no Brasil se constitui num problema sério considerando a área de abrangência no caso do azevém e da buva e a deficiência de herbicidas com mecanismos de ação alternativos e eficientes no caso do leiteiro. Além disso, o custo do controle

tende a se elevar devido à substituição parcial ou total do glifosato do sistema de controle adotado.

Devido ao uso extensivo no Brasil, o glifosato exerce forte pressão de seleção, podendo num curto espaço de tempo selecionar biótipos resistentes de outras espécies daninhas, bem como transformar plantas daninhas tolerantes de importância regional em plantas daninhas problema no âmbito nacional.

É necessário redimensionar o sistema de utilização das lavouras anuais, dando prioridade para sistemas de rotação de culturas associados a adubação verde que propiciem cobertura do solo durante o ano todo. As culturas comerciais nesse sistema devem ser entendidas como oportunidades para alternar ou utilizar herbicidas com mecanismos de ação diferentes e eficientes sobre os biótipos resistentes.

Literatura Citada

BIANCHI, M. A. Crescimento vertiginoso. *Cultivar*, Pelotas, v. 9, n. 95, p. 16-18, 2007.

BIANCHI, M. A.; THEISEN, G. O cultivo de milho reduz a população de azevém no trigo. In: CONGRESSO BRASILEIRO DA CIÊNCIA DAS PLANTAS DANINHAS, 25., 2006, Brasília, DF. **Resumos...** Brasília, DF: SBCPD/UNB/Embrapa Cerrados. 2006a. p. 288.

BIANCHI, M. A.; THEISEN, G. Competitividade de cultivares de trigo com azevém. In: CONGRESSO BRASILEIRO DA CIÊNCIA DAS PLANTAS DANINHAS, 25., 2006, Brasília, DF. **Resumos...** Brasília, DF: SBCPD/UNB/Embrapa Cerrados. 2006b. p. 287.

HEAP, I. **International survey of herbicide resistant weeds.** Disponível em: www.weedsience.org. Acesso em: 20 fev. 2008.

LEMERLE, D. et al. Genetic improvement and agronomy for enhanced wheat competitiveness with weeds. **Australian Journal of Agricultural Research**, Victoria, v. 52, p. 527-548, 2001.

LORENZI, H. et al. **Manual de identificação e controle de plantas daninhas**. 6. ed. Nova Odessa: Instituto Plantarum, 2006. 384 p.

MOREIRA, M. S. et al. Resistência de *Conyza canadensis* e *C. bonariensis* ao herbicida glyphosate. **Planta Daninha**, Campinas, v. 25, p. 157-164, 2007.

NANDULA, V. K. et al. Factors affecting germination of horseweed (*Conyza Canadensis*). **Weed Science**, Ithaca, v. 54, p. 898-902, 2006.

RIZZARDI, M. A.; VARGAS, L.; BIANCHI, M. A.. No contrapé. **Cultivar**, Pelotas, v. 9, n. 96, p. 5-7, 2007.

ROMAN, E. S. et al. Resistência de azevém (*Lolium multiflorum*) ao herbicida glyphosate. **Planta Daninha**, Campinas, v. 22, p. 301-306, 2004.

VARGAS, L. et al. Identificação de biótipos de azevém (*Lolium multiflorum*) resistentes ao herbicida glyphosate em pomares de maçã. **Planta Daninha**, Campinas, v. 22, p. 617-622, 2004.

VARGAS, L. et al. Resistência de *Conyza bonariensis* ao herbicida glyphosate. In: CONGRESSO BRASILEIRO DA CIÊNCIA DAS PLANTAS DANINHAS, 25., 2006, Brasília, DF. **Resumos...** Brasília, DF: SBCPD/UNB/Embrapa Cerrados. 2006. p. 540.

VARGAS, L.; BIANCHI, M. A.; RIZZARDI, M. A. Resistência. **Cultivar**, Pelotas, v. 9, n. 97, p. 5-7, 2007. Suplemento.

Capítulo 10

Potencial de Utilização e Manejo de Plantas Daninhas nas Culturas da Mamona, Girassol e Pinhão Manso

Potencial de Utilização e Manejo de Plantas Daninhas nas Culturas da Mamona , Girassol e Pinhão Manso

Napoleão Esberard de Macêdo Beltrão; Gibran da Silva Alves

Embrapa Algodão, Rua Osvaldo Cruz, 1143, Centenário, 58.107-720 –
Campina Grande, Paraíba e Universidade Federal da Paraíba, Campus II –
Centro de Ciências Agrárias, respectivamente.

Resumo: Nos agroecossistemas um dos passos tecnológicos mais importantes na composição dos sistemas de produção refere-se ao manejo das plantas daninhas, que quando não combatidas com eficiência e eficácia podem reduzir até totalmente a produtividade de qualquer cultura, bem a qualidade global dos produtos obtidos. O manejo das plantas daninhas se constituem assim, em um elemento chave para o sucesso da agricultura, seja ela empresarial ou familiar, e do mundo todo muita energia é gasta para se fazer o combate das plantas infestantes, em mais de um bilhão de hectares plantados anualmente. O combate às plantas daninhas envolve diversos métodos de controle, a prevenção e a erradicação, sendo que no manejo deve-se levar em conta o período crítico de competição das culturas com o complexo florístico daninho e pelo menos dois dos diversos métodos existentes, tais como o químico, o mecânico e o cultural, além do integrado e o biológico. Além do óleo e da torta, resíduo da extração do óleo das sementes, rica em proteínas, as oleaginosas de um modo geral, estão sendo cultivadas aqui no Brasil e em diversos países do mundo também para a produção de óleo para energia, via biodiesel, que ao lado do álcool combustível se constitui em importante componente, os biocombustíveis para reduzir o consumo dos derivados do petróleo, que são bem mais poluentes, devido a não ter oxigênio nas suas moléculas, pois são hidrocarbonetos e ter aromáticos e outras substâncias tóxicas , além de produzir muito mais dióxido de carbono , um dos gases causadores do efeito estufa . Entre as oleaginosas que poderão compor a malha produtora de óleos para a fabricação de biodiesel, via diversos processos,

em especial do da transesterificação, destacam-se em termos reais, o girassol (*Helianthus annuus* L.), família asteraceae e a mamona (*Ricinus communis* L.), família euforbiaceae e em termos potencias, o pinhão manso (*Jatropha curcas* L.), também outra espécie da família das euforbiáceas, que reúne mais de sete mil espécies, ainda não domesticado, e requerendo muito estudo e pesquisa, apesar de já ter aqui no Brasil forte demanda de agricultores de diversos Estados do Brasil, nas mais variadas regiões, em especial Nordeste e Centro-Oeste.

Palavras-chaves: Sistemas de produção, controle de plantas, oleaginosas

Introdução

O combate às plantas daninhas é uma das principais atividades relacionadas aos sistemas de produção da agricultura a nível mundial, sendo uma das que mais consome energia, em termos de trabalho e também de insumos e sua fabricação e assim uma das mais importantes. A população humana não para de crescer, já sendo de mais de 6,5 bilhões de habitantes, e a demanda de alimentos, fibra e energia também estão em constante crescimento, o que conduz ao homem cada vez mais procurar o incremento das produtividades das culturas, e ainda da qualidade dos produtos derivados. As plantas daninhas, representam um dos mais importantes fatores de produção, junto com o seu controle, pois na composição dos custos de produção das culturas, este item assume papel de destaque, em virtude dos preços atuais dos serviços, como mão-de-obra e dos produtos para o controle, os chamados herbicidas, no caso do controle químico, um dos mais utilizados na atualidade e que quando não devidamente controladas as plantas daninhas podem reduzir ou até mesmo anular a produção das culturas e reduzir significativamente a sua qualidade. Entre as culturas que produzem proteínas e principalmente óleos que quantidades elevadas, e que são utilizadas para a alimentação humana, animal ou outros usos, como fertili-

zantes orgânicos, destacam-se o girassol (*Helianthus annuus* L.) e a mamoneira (*Ricinus communis* L.) e mais recentemente, requerendo ainda muitos estudos, o pinhão manso (*Jatropha curcus* L.) .

Neste trabalho, que se constitui a base de uma palestra, reúne-se informações sobre tais espécies, o seu estado de arte em termos de P&D&I de um modo geral, e em particular no tocante ao manejo de plantas daninhas.

Considerações Gerais

As culturas do girassol e da mamona já estão consolidadas a nível mundial, sendo que a asteraceae apresenta como produto principal um dos melhores óleos para a alimentação humana e a euforbiaceae, um óleo singular, não comestível, porém com dezenas de aplicações industriais, sendo base para fabricação de diversos produtos, com destaque para o vidro a prova de bala, lentes de contato, óleo lubrificante para motores e reatores de elevadas rotações, sabões metálicos, feitura de próteses, tecidos, couros artificiais e outros e ambos podem ser utilizados para a produção de energia, via fabricação de biodiesel, que são ésteres de ácidos graxos, ou seja um produto derivado diretamente da mistura de um óleo ou gordura, com um álcool, em geral metanol ou etanol. Considerando o pinhão manso, muito há ainda a ser feito, não somente na sua ecologia e ecofisiologia, mas também no melhoramento genético e a definição dos passos tecnológicos para a composição de sistemas de produção deste oleaginosas tanto para condições de sequeiro, quanto para áreas irrigadas. Ela ainda esta na fase inicial de domesticação e quase que não se tem informações científicas escritas e publicadas em periódicos sobre o combate as plantas daninhas aqui e fora do Brasil . O girassol, por outro lado já esta bem estudado, tendo híbridos, cultivares e sistemas de produção definidos para pequenos e grandes produtores, sendo originário das Américas, em especial do Norte (DALL' AGNOL ; VIEIRA e LEITE, 2005). A mamona esta um patamar intermediário ,

em termos de conhecimento, entre o pinhão manso e o girassol, porém já se tem aqui no Brasil e em outros países do mundo, em especial a China, a Índia (Principal produtor) e a Rússia, várias tecnológicas definidas, cultivares e híbridos e se tem informações, embora, ainda limitadas, sobre o combate as plantas daninhas.

Pinhão Manso (*Jatropha curcas* L.)

As plantas daninhas interferem sobre as culturas agrícolas reduzindo-lhes, principalmente, o rendimento. Apesar de se tratar de uma planta rústica, recomenda-se manter o terreno livre de plantas daninhas, principalmente em volta das plantas, pois a concorrência daquelas em água, ar, luz e nutrientes e pela inibição química, afeta a germinação e o crescimento e o desenvolvimento do pinhão, além de abrigar pragas e/ou insetos transmissores de doenças, e dificultar os trabalhos de colheita e depreciar a qualidade do produto colhido. O espaçamento permite que sejam feitas capinas mecanizadas ou com tração animal, até mesmo quando em consórcio com outras culturas, o que deve ser feito com a finalidade de reduzir custos com a cultura principal (Arruda, 2004), considerando os controles cultural e mecânico.

Girassol (*Helianthus annuus* L.)

Dentre os principais motivos que favorecem para diminuir a produtividade da cultura do girassol destaca-se a interferência causada pelas plantas invasoras. A presença dessas espécies durante as primeiras etapas do ciclo de cultivo do girassol, resultando em plantas cloróticas, de menor porte, com diminuição severa da área foliar, do diâmetro de caule e do capítulo (Leite, 2005).

Dentre as alternativas para o controle eficiente das plantas daninhas em girassol, está o uso de compostos químicos, denominados herbicidas. Suas principais vantagens são a eficiência do controle, a economia de recursos huma-

nos e a rapidez na aplicação. Em contrapartida esse método exige técnica apurada, pessoal capacitado e bem treinado, cuidados com a saúde do aplicador e com o meio ambiente. Para se obter sucesso com o controle químico, devem ser considerados alguns fatores, tais como: tipo de solo (argiloso ou arenoso), teor de matéria orgânica do solo, qualidade da água de aplicação, condições de clima no momento da aplicação, equipamentos e, principalmente, o aspecto econômico Leite, 2005). Há alguns herbicidas registrados no Brasil para esta cultura e vários já foram testados e com boa performance.

Mamona (*Ricinus communis* L.)

A mamoneira é tradicionalmente considerada como planta daninha em várias culturas, onde como infestante, suas folhas grande pode sombrear diferentes espécies cultivadas, ocasionando perdas de produtividade. Do ponto de vista fisiológico, por apresentar eficiência fotossintética relativamente baixa (metabolismo C3), a mamoneira pode ser qualificada como espécie de alta sensibilidade à competição com plantas daninhas por água, luz e nutrientes. Entretanto, são quase inexistentes informações recentes envolvendo recomendações de cultivares e a definição do período crítico de competição da infestação nas diferentes regiões produtoras do país. Algumas informações disponíveis na literatura nacional sobre período crítico de competição com plantas daninhas indicam para cultivares de porte médio a alta em plantio convencional e de baixa tecnologia, devem ser mantida no limpo principalmente na fase inicial de crescimento, até atingir 60 a 70 dias do ciclo vegetativo. Azevedo et al. (2001), utilizando a cultivar Sipeal 28 e espaçamento de 2 x 1 m, no nordeste do Brasil, identificaram que o Período Crítico de Prevenção da Interferência (PCPI) das plantas daninhas apresentou-se entre a 3ª e 8ª semana após a emergência da mamoneira, ou seja, o intervalo de tempo em que a cultura deverá ficar livre da competição para que não ocorra redução na produtividade.

Referencias Bibliográficas

ARRUDA, F., P.; BELTRÃO, N. E. M.; ANDRADE, A. P. ; PEREIRA, W. E.; SEVERINO, L. S. Cultivo de pinhão manso (*Jatropha curca* L.) como alternativa para o semi-árido nordestino. **Revista Brasileira de Oleaginosas e Fibrosas**, Campina Grande, v. 8, n. 1, p. 789-799, jan./abr. 2004.

LEITE, R. M. V. B.; BRIGHENTI, A. M.; CASTRO, C. **Girassol no Brasil**. Londrina: Embrapa Soja, 2005. 641p.

AZEVEDO, D. M. P. de et al. Plantas Daninhas e seu controle. In: AZEVEDO, D. M. P. de; LIMA, E. F (Org.). **O agronegócio da mamona no Brasil**. Brasília, DF: Embrapa Informacao Tecnologia, 2001. p.161-189.

DALL' AGNOL, A.; VIEIRA, O. V.; LEITE, R. M. V. B. C. Origem e histórico do Girassol. In: LEITE, R. M. V. B.; BRIGHENTI, A. M.; CASTRO, C. **Girassol no Brasil**. Londrina: Embrapa Soja, 2005. 641p.

Capítulo 11

Dinâmica Espacial e Temporal de Plantas Daninhas



Modelos Espaciales y Temporales de la Dinámica de Poblaciones de Malezas

José Luis González-Andújar

*Instituto de Agricultura Sostenible (CSIC). Dpto. Protección de cultivos.,
Apdo. 4084, 14080 Córdoba, España.*

Resumen

La modelización matemática es una herramienta usada comúnmente para estudiar la dinámica de las poblaciones de malezas en agricultura. Las poblaciones de malezas son dinámicas en el tiempo y en el espacio. Sin embargo, la mayoría de los modelos poblacionales han considerado únicamente la dinámica temporal. Actualmente, existe un gran interés en el desarrollo de modelos espaciales de dinámica de poblaciones como consecuencia del desarrollo de nuevos sistemas de producción (e.j. agricultura de precisión) y nuevas herramientas estadísticas y matemáticas. El objetivo de esta comunicación es presentar una revisión de los modelos espaciales de la dinámica de poblaciones de malezas y su uso para explorar escenarios de manejo.

Palabras claves: modelos espaciales, modelos integrodiferenciales, autómatas celulares, dinámica de poblaciones, manejo de malezas.

Abstract - Spatio-temporal models of the population dynamic of weeds.

Mathematical modelling is a commonly used tool for studying the long-term dynamics of weed populations in agriculture. Weed populations are dynamic in time and in space. However, the main body of weed population models have considered only the dynamic in time. Actually, there is a growing up interest in the development of spatial weed population models as consequence of the development of new production systems (e.j. precision farming) and new methodological tools in statistics and mathematics. The objective of this communication is present a brief review of

the spatial weed population dynamic models and its applications.

Keywords: spatial weed model, integro-difference model, cellular automaton, population dynamics, weed management.

Introducción

El origen del uso de modelos de dinámica de poblaciones en Malherbología se remonta a los años 70 (Sagar and Mortimer, 1976; Mortimer *et al.*, 1978). Estos autores utilizaron modelos relativamente sencillos que describían y cuantificaban el ciclo biológico de las malezas con el fin último de predecir la evolución de las poblaciones bajo diferentes escenarios de control. Progresivamente, otros estudios fueron añadiendo mas complejidad a los modelos desarrollados: dependencia de la densidad (Watkinson, 1980), distribución vertical de las semillas en el suelo (Cousens & Moss, 1990), edad de las semillas (Wilson *et al.*, 1985), presencia de varias cohortes (Debaeke, 1988; González Andújar & Fernández-Quintanilla, 1991), etc.

Los modelos matemáticos se han establecido sólidamente en Malherbología como herramientas predictivas de la evolución temporal de las poblaciones y su aplicación al estudio de escenarios de control (Holst et al., 2007). Sin embargo, la validez de dichos modelos es limitada al estudio de la dinámica temporal de las poblaciones de malezas, careciendo de una capacidad predictiva espacial.

Actualmente, se está produciendo un incremento del interés por el estudio de la dinámica espacial de las poblaciones como consecuencia de diversos factores como son el desarrollo de nuevos sistemas de producción (p. ej. la agricultura de precisión) y la existencia de nuevos desarrollos computacionales, estadísticos y matemáticos que facilitan la modelización espacial (González-Andujar & Perry, 2000).

El objetivo de esta comunicación es presentar una visión actual de los modelos espaciales de la dinámica de poblaciones en Malherbología y su uso para explorar escenarios de manejo.

Modelos Espaciales

El desarrollo de modelos dinámicos espaciales requiere una mayor complejidad que los modelos no espaciales, pero permiten la integración de factores esenciales para entender la evolución natural de las poblaciones, como son la consideración de efectos locales bióticos y abióticos (interacción con las plantas vecinas, heterogeneidad espacial, etc.). Lo que añade más realismo en relación con los modelos no espaciales.

Tipos de modelos

Los modelos espaciales desarrollados en Malherbología han considerado en líneas generales el espacio como una variable continua o discreta. Los modelos que consideran el espacio de forma continua se han basado principalmente en ecuaciones integro-diferenciales (Mortimer et al., 1996, Woolcock & Cousens, 2000), como:

$$N_{t+1}(x) = \int_{L/2}^{L/2} K(x,y) f[N_t(y)] dy$$

donde $N_t(x)$ representa la densidad de la población en la posición x en el tiempo $t+1$, $N_t(y)$ representa la densidad de la población en la posición y . $K(x,y)$ es la probabilidad de que la población disperse desde la posición x a la y . $f[N_t(y)]$ es la función de crecimiento de la población y L representa el tamaño del hábitat. Gonzalez-Andujar y Saavedra (1999) utilizan este tipo de modelos para simular la evolución espacial y estimar la velocidad de expansión de varias especies de malas hierbas (*Hordeum* sp., *Lolium rigidum*, *Bromus diandrus*, y *Bromus madritensis*) en el olivar. Estos autores consideran que el modelo de dispersión [$K(x,y)$] de semillas

sigue una distribución Normal (Gaussiana), y que el modelo de crecimiento de la población ($f[N(y)]$) es logístico. Bajo esas dos condiciones el modelo verdría expresado por,

$$N_{t+1}(x) = \frac{\lambda}{\sqrt{D}} \int_{L/2}^{L/2} \exp \left[-\frac{(x-y)^2}{D} \right] N_t(y) \left(1 - \frac{N_t(y)}{k} \right) dy$$

donde λ es la tasa reproductiva de la población, k es la capacidad de carga del sistema y D es dos veces la varianza de la distribución Normal.

Los modelos que consideran el espacio como una variable discreta son los más populares por ser computacionalmente más sencillos, pueden integrar fácilmente los factores bióticos y abióticos y no requieren muchos conocimientos matemáticos. Estos modelos, llamados autómatas celulares, dividen el espacio en celdas donde crecen las malezas y simulan la dispersión entre las celdas que lo componen (Perry & González Andújar, 1993). Gonzalez-Andujar & Perry (1995) utilizan un modelo celular, donde definen el espacio con celdas hexagonales (Fig. 1) que soportan poblaciones de avena loca (*Avena sterilis ssp. ludoviciana*). El modelo fue utilizado para estudiar el comportamiento espacial de poblaciones de avena loca bajo diferentes escenarios de control, la velocidad de colonización de un campo de cereal, así como la existencia y perdurabilidad de las manchas de malezas.

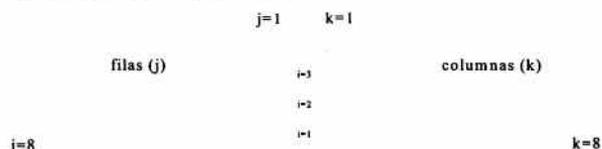


Figura 1. Ejemplo de un modelo celular de 8x8 hexágonos tomado de González-Andujar y Perry (1995). Las ocho filas son identificadas por la coordenada j , y las ocho columnas por la coordenada k .

Literatura Citada

COUSENS, R.; MOSS, S. R. A model of the effect of cultivation on the vertical distribution of weed seeds within the soil. **Weed Research**, Oxford, v. 30, p. 61-70, 1990.

WOOLCOCK J. L.; COUSENS R. D. A mathematical. analysis of factors affecting the rate of spread of patches of annual weeds in an arable field. **Weed Science**, Ithaca, v. 48, p. 27-34, 2000.

DEBAEKE, P. Modelisation de l'évolution a long terme de la flore adventice. II. Application a trois dicotyledones annuelles en un site donne. **Agronomie**, Paris, v. 8, p. 767-777, 1988.

GONZÁLEZ-ANDÚJAR, J. L.; FERNÁNDEZ-QUINTANILLA, C. Modeling the population dynamics of *Avena sterilis* under dry-land cereal cropping systems. **Journal of Applied Ecology** , Oxford, v. 28, p.16-27, 1991

GONZÁLEZ-ANDÚJAR, J. L.; PERRY J.N. Models for the control of the seed bank of *Avena sterilis*: the effects of spatial and temporal heterogeneity and of dispersal. **Journal of Applied Ecology** , Oxford, v. 32, p. 578-587, 1995.

GONZÁLEZ-ANDÚJAR, J. L.; PERRY, J. N. Spatial analysis in pest and weed management. Proceedings of 20th INTERNATIONAL BIOMETRIC CONFERENCE, 20., 2000, Berkeley. **Proceedings...** Berkeley: International Biometric Society, 2000. p. 89-96.

GONZÁLEZ-ANDÚJAR, J. L.; SAAVEDRA, M. Estimación del tamaño crítico y velocidad de expansión de los rodales de malas hierbas. In: CONGRESO DE LA SOCIEDAD ESPAÑOLA DE MALHERBOLOGÍA. 7., 1999. Logroño. **Actas...** Gobierno de La Rioja, 1999. p. 45-48.

HOLST, N.; RASMUSSEN, L. A.; BASTIAANS, L. Field weed population dynamics: a review of model approaches and applications. *Weed Research*, Oxford, v. 47, p.1-14, 2007.

MORTIMER, A. M. On weed demography. In: FLETCHER, W. W. (Ed.). **Recent advances in weed research**. London: CAB, 1983. p. 3-40.

MORTIMER, A. M.; LATORE, J.; GOULD, P. From weed populations to weed communities: patch size and patch composition. In: INTERNATIONAL WEED CONTROL CONGRESS, 2., 1996, Copenhagen. **Proceedings...** Department of Weed Control and Pesticide Ecology, 1996. p. 35-40.

PERRY, J. N.; GONZÁLEZ-ANDÚJAR, J. L. Dispersal in a metapopulation

neighbourhood model of an annual plant with a seedbank. **Journal of Ecology**, Oxford, v. 81, p. 458-463, 1993.

SAGAR, G. R.; MORTIMER, A. M. An approach to the study of the population dynamics of plants with special reference to weeds. **Applied Biology**, London, v. 1, p. 1-47, 1976.

WATKINSON, A. R. Density-dependence in single species populations of plants. **Journal of Theoretical Biology**, London, v. 83, p. 345-357, 1980.

WILSON, B. J. Effect of seed age and cultivation on seedling emergence and seed decline of *Avena fatua* L. in winter barley. **Weed Research**, Oxford, v. 25, p. 213-219, 1985.

Distribuição Espacial do Banco de Sementes de Plantas Daninhas

Spatial distribution of weed seedbanks

José Roberto AntonioI Fontes¹; Luciano Shozo Shiratsuch²;

Marina de Fátima Vilela²

¹ Embrapa Amazônia Ocidental, Rodovia AM 010, km 29,

C. Postal 319, CEP 69010-970, Manaus, AM;

² Embrapa Cerrados, Rodovia BR 020, km 18, Caixa Postal 08223,

CEP 73310-970, Planaltina, DF.

Nas áreas agrícolas a distribuição espacial das plantas daninhas é heterogênea, em manchas de infestação, ou reboleiras, de composição específica, densidades e estádios de crescimento variados. Esta característica, sempre foi percebida por agricultores e por pesquisadores, que entendiam ser possível, por exemplo, fazer o manejo localizado pois muitas destas reboleiras podem ser estáveis no espaço e no tempo (Clay et al., 2006; Heijting et al. 2007).

As plantas daninhas emergidas são principal referência para o estabelecimento de um programa de manejo integrado racional, considerando as espécies, o estágio de crescimento das plantas daninhas e das culturas e a densidade de infestação. A estas se soma o banco de sementes das plantas daninhas no solo, principal fonte de propágulos para novas infestações (Voll et al., 2003), e que pode ser formado por poucas ou muitas sementes, algumas vezes bilhões em um hectare (Baskin & Baskin, 2006). A emergência de plantas a partir dessas sementes depende de inúmeros fatores atuando em conjunto, e o estado fisiológico (viabilidade) das sementes, as condições ambientais e o sistema de cultivo são considerados os três grandes grupos que reúnem esses fatores (Buhler et al., 1997), e são eles que vêm sendo utilizados para a geração de modelos de predição da emergência para fins de manejo (Ambrosio et al., 2004; Myers et al., 2004; Norsworthy et al., 2006).

Em anos recentes o emprego da geoestatística, da informática e do sensoriamento remoto na experimentação agrícola possibilitou compreender melhor a distribuição espacial de plantas daninhas, e a caracterização desta distribuição tem despertado o interesse dos pesquisadores no Brasil. A maioria dos trabalhos vem sendo conduzida para a avaliação da distribuição espacial da flora emergente e a utilização de sensoriamento remoto para a geração de mapas de distribuição espacial (Fontes & Shiratsuchi, 2005; Shiratsuchi et al., 2005; Vilela et al., 2005) e da relação da ocorrência de populações de plantas daninhas com a distribuição espacial de fatores ambientais, principalmente aqueles relacionados ao solo (Shiratsuchi et al, 2005). Isso tem permitido a adoção de novos enfoques na pesquisa científica, resultando em avanço considerável no campo da ecologia das plantas daninhas, com inúmeras aplicações. A geração de mapas de distribuição espacial de plantas daninhas é uma delas, que vem sendo avaliada quanto à possibilidade de utilização para elaboração de mapas de prescrição para aplicação localizada de herbicidas, com impactos positivos sobre os custos de controle e sobre o ambiente (Lamb & Weedon, 1998; Vilela et al.; 2005).

Como as plantas emergidas, o banco de sementes de plantas daninhas ocorre em reboleiras, e pode ter a sua distribuição espacial avaliada, além de ser muito mais estável no espaço e no tempo (Wiles & Schweizer, 2002; Ambrosio et al., 2004; Wiles & Brodahl, 2004; Shiratsuchi et al., 2005). Para Rew & Cousens (2001), é crucial que sejam identificados os fatores responsáveis pela criação dos padrões de agregação espacial do banco de sementes e o conhecimento de como as reboleiras originadas destes bancos persistem ou mudam de tamanho, forma e densidade com o passar do tempo, levando ao desenvolvimento de métodos de amostragem e de menor custo e, ou de maior acurácia (fidedignidade) para a elaboração de mapas para o manejo localizado, sendo a acurácia um dos pontos-chave para a aplicabilidade dos mapas para fins de manejo localizado, por exemplo. O desenvolvimento e ajustes de esque-

mas de amostragem, bem como a definição do tamanho das amostras tem sido objeto de alguns estudos (Ambrosio et al, 2004; Wiles & Brodahl, 2004). Wiles & Brodahl (2004) verificaram que a densidade de sementes no solo, o manejo geral das culturas, o tamanho, a dormência e as características de dispersão natural das sementes, as espécies (gramíneas ou dicotiledôneas) e os atributos físicos e químicos dos solos são os principais fatores determinantes do desenvolvimento dos padrões de agregação. Para Paice et al. (1998) e Shiratsuchi et al. (2003), o preparo do solo e a colheita são fatores que também têm que ser considerados nesta análise. Shiratsuchi et al. (2003), avaliaram a influência do tráfego de máquinas durante cinco anos num único sentido em uma área de cultivo de milho e concluíram que a distribuição espacial da flora emergente e a do banco de sementes de *B. plantaginea* foram afetadas por esta condição. Ao mesmo tempo, poderá ser possível prever as implicações das estratégias de manejo localizado e otimizar a sua eficácia, ou identificar as oportunidades para interferir na dinâmica espacial do banco de sementes de alguma espécie considerada problema.

Em se tratando da distribuição espacial do banco de sementes foi realizado no Brasil um trabalho, no bioma Cerrado, no qual Shiratsuchi et al. (2005), avaliaram a influência da distribuição espacial de atributos de fertilidade do solo sobre a distribuição espacial do banco de sementes de plantas daninhas. Verificaram que sementes das espécies *Brachiaria plantaginea*, *Commelina benghalensis* e *Cyperus rotundus* tiveram sua distribuição influenciada pela distribuição espacial da saturação por bases (onde maior, menor o número de sementes) e da saturação por alumínio (onde maior, maior o número de sementes).

Outros trabalhos foram desenvolvidos avaliando a distribuição espacial de fatores que podem condicionar a ocorrência de plantas daninhas e, portanto, de grande interesse para os estudos de sua distribuição espacial. Oliveira Jr. et al (1999) e Oliveira et al. (2004) caracterizaram a

variabilidade espacial da sorção de herbicidas em função do pH e da matéria orgânica do solo, e verificaram que esta variabilidade resultou em comportamento diferenciado dos herbicidas no solo, afetando a sua sorção e, portanto, a sua disponibilidade.

Em face da importância e do interesse crescente pela adoção de novos enfoques e de técnicas aplicadas à pesquisa científica no campo da agropecuária, a caracterização da distribuição espacial dos bancos de sementes de plantas daninhas no solo e da flora emergida, bem como dos fatores condicionantes de suas ocorrências, pode, e deve, ser mais contemplada nas atividades de pesquisa para o estudo da ecologia das plantas daninhas no Brasil e suas aplicações no contexto do manejo integrado.

Palavras-chave: ciência das plantas daninhas, pesquisa, sementes no solo, ecologia de plantas daninhas, manejo integrado.

Key words: weed science, research, seeds in soil, weed ecology, integrated weed management.

Literatura Citada

AMBROSIO, L. et al. Evaluation of sampling methods and assessment of the sample size to estimate the weed seedbank in soil, taking into account spatial variability. **Weed Research**, Oxford, v. 44, n. 3, p. 224-236, 2004.

BASKIN, C. C.; BASKIN, J. M. The natural history of soil seed banks of arable land. **Weed Science**, Ithaca, v. 54, n. 3, p. 549-557, 2006.

BUHLER, D.D.; HARTZLER, R.G.; FORCELLA, F. Implication of weed seedbank dynamics to weed management. **Weed Science**, Ithaca, v. 45, n. 3, p. 329-336, 1997

CLAY, S. A. et al. Spatial distribution, temporal stability, and yield loss estimates for annual grasses and common ragweed (*Ambrosia artimisiifolia*) in a corn/soybean production field over nine years. **Weed Science**, Ithaca, v. 54, n. 2, p. 380-390, 2006.

FONTES, J. R. A.; SHIRATSUCHI, L. S. Dependência espacial de plantas daninhas em cultura de milho cultivado em plantio direto no Cerrado. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE AGRICULTURA DE PRECISÃO, 3., 2005, Sete Lagoas. [Anais]. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo: UFV: SBEA: CIGR, 2005. CD-ROM.

HEIJTING, S. et al. Are weeds patches stable in location? Application of an explicitly two-dimensional methodology. **Weed Research**, Oxford, v. 47, n. 5, p. 381-395, 2007.

LAMB, D. W.; WEEDON, M. Evaluating the accuracy of mapping weeds in fallow fields using airborne digital imaging: *Panicum effusum* in oilseed rape stubble. **Weed Research**, Oxford, v. 38, n. 6, p. 443-451, 1998.

MYERS, M. W. et al. Predicting weed emergence for eight annual species in the northeastern United States. **Weed Science**, Ithaca, v. 52, n. 6, p. 913-919, 2004.

NORSWORTHY, J. K.; OLIVEIRA, M. J. Sicklepod (*Senna obtusifolia*) germination and emergence as affected by environmental actors and seeding depth. **Weed Science**, Ithaca, v. 54, n. 5, p. 903-909, 2006.

OLIVEIRA Jr., R. S. et al. Spatial variability of imazethapyr sorption in soil. **Weed Science**, Ithaca, v. 47, n. 2, p. 243-248, 1999.

OLIVEIRA, M. F. et al. Sorção do herbicida imazaquin em latossolo sob plantio direto e convencional. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 39, n. 8, p. 787-793, 2004.

PAICE, M. E. R. et al. A stochastic simulation model for evaluating the concept of patch spraying. **Weed Research**, Oxford, v. 38, n. 5, p. 373-388, 1998.

REW, L. J.; COUSENS, R. D. Spatial distribution of weeds in arable crops: are current sampling and analytical methods appropriate? **Weed Research**, Oxford, v. 41, n. 1, p. 1-18, 2001.

SHIRATSUCHI L.S. et al. Efeito do tráfego de máquinas agrícolas no comportamento espacial de plantas daninhas. In: n: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 32., 2003, Goiânia. **Novas fronteiras: o desafio da engenharia agrícola: [trabalhos apresentados]**. Goiânia: SBEA, 2003. CD-ROM.

SHIRATSUCHI, .S.; FONTES, J. R. A.; RESENDE, A. V. Correlação da distribuição espacial do banco de sementes de plantas daninhas com a fertilidade dos solos. **Planta Daninha**, Campinas, v. 23, n. 3, 429-436, 2005.

VILELA, M. F.; FONTES, J. R. A.; SHIRATSUCHI, L. S. Mapeamento da distribuição espacial de plantas daninhas na cultura da soja por meio de sensoriamento remoto. In: In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE AGRICULTURA DE PRECISÃO, 3., 2005, Sete Lagoas. **[Anais]**. Sete Lagoas: Embrapa Milho, e Sorgo: UFV: SBEA: CIGR, 2005. CD-ROM.

VOLL, E. et al. Amostragem do banco de sementes e flora emergente de plantas daninhas. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, Df, v. 36, n. 2, p. 211-218, 2003.

WILES, L.; BRODAHL, M. Exploratory data analysis to identify factors influencing spatial distribution of weed seed banks. **Weed Science**, Ithaca, v. 52, n. 6, p. 936-947, 2004.

WILES, L.; SCHWEIZER, E. Spatial dependence of weed seed banks and strategies for sampling. **Weed Science**, Ithaca, v. 50, n. 5, p. 595-606, 2002.

Técnicas de Sensoriamento Remoto para o Mapeamento da Distribuição Espacial de Plantas Daninhas

*Marina de Fátima Vilela*¹; *José Roberto Antoniol Fontes*²; *Luciano Shozo Shiratsuchi*¹

¹Embrapa Cerrados, BR 020 km 18, Rod. Brasília /Fortaleza – 73310-970, Planaltina/DF, Brasil. marina@cpac.embrapa.br;

²Embrapa Amazônia Ocidental, Rodovia AM-010, km 29, Caixa postal 319-69011-970, Manaus/AM, Brasil. jose.roberto@cpaa.embrapa.br

Introdução

A distribuição espacial de plantas daninhas em áreas agrícolas é heterogênea, podendo ocorrer em agregados ou em reboleiras (GERHARDS *et al.*, 1997; LAMB e BROWN, 2000). Esses agregados podem apresentar tamanho, forma e densidade variados, características importantes do ponto de vista de manejo (JOHNSON *et al.*, 1995).

Uma das implicações decorrentes dessa característica de distribuição espacial é a possibilidade de realizar a aplicação localizada de herbicidas, que poderá permitir a redução da quantidade desses produtos sem comprometer a eficácia de controle das plantas daninhas, e em alguns casos até mesmo aumentá-la (BROWN e STECKLER, 1995; LAMB e WEEDON, 1998). Porém, ainda não existe uma forma prática e rápida para mapear a distribuição e o nível de infestação por plantas daninhas em tempo hábil às tomadas de decisões relacionadas ao manejo integrado destas (ANTUNIASSI, 2000; TIAN *et al.*, 1999).

Nos últimos anos instrumentos e técnicas de sensoriamento remoto têm sido utilizados para mapear áreas infestadas por plantas daninhas (EVERITT *et al.*, 1992; BROWN e STECKLER, 1993; BROWN *et al.*, 1994; CHANG *et al.*, 2004; KOGER *et al.*, 2004), dentre as quais cita-se o uso de fotografias aéreas (LAMB e BROWN, 2000).

Este pequeno roteiro tem como objetivo apresentar algumas técnicas de sensoriamento remoto comumente empregadas no mapeamento da distribuição espacial de plantas daninhas, utilizando como base de dados imagens de satélites e fotografias aéreas.

Imagens de satélites no mapeamento de plantas daninhas

Muitos são os sensores em atividade e cada um deles apresenta características específicas de resolução espacial, espectral, temporal e radiométrica.

A opção por determinado sensor depende, sobretudo, dos objetivos a serem alcançados e dos recursos disponíveis.

Independente do tipo de sensor definido para a obtenção da base de dados empregada no mapeamento da plantas daninhas, uma série de procedimentos devem ser efetuados. O primeiro refere-se à correção geométrica ou registro da imagem conforme um sistema de coordenadas e projeção cartográfica definido pelo analista, o qual permite a localização de pontos de interesse, sobreposição de imagens de uma mesma área obtida por diferentes sensores e, ou data, sobreposição de imagem a um mapa ou fusão destes a uma base de dados geográficos (KARDOULAS *et al.*, 1996) além de medição de áreas e distancias.

O segundo procedimento refere-se à análise dos dados para a obtenção de informações necessárias aos objetivos do trabalho. Esta análise torna-se possível em virtude dos fenômenos e materiais superficiais apresentarem comportamentos específicos ao longo do espectro eletromagnético. O método mais freqüentemente utilizado para analisar dados e extrair informações diz respeito à classificação multiespectral (JENSEN, 1996).

No processo de classificação, cada píxel é tratado como uma unidade individual composta de valores em várias ban-

das espectrais (CAMPBELL, 1987). O valor numérico de cada píxel, definido como valor de brilho, está associado a reflectância dos materiais presentes na superfície imageada, podendo ser comparado a valores numéricos de outros píxels de identidade conhecida. Durante o processo de classificação, esta comparação em função das reflectâncias espectrais semelhantes possibilita o agrupamento de píxels em classes mais ou menos homogêneas, conforme o interesse do usuário.

Existem basicamente duas abordagens na classificação de imagens multiespectrais: classificação não supervisionada e classificação supervisionada, além da classificação visual que leva em conta a experiência do analista e o seu conhecimento e sua interação com a área e feições a serem mapeadas.

A classificação supervisionada utiliza amostras de feições com identidade conhecida para classificar píxels de identidade desconhecida. Na classificação não supervisionada não são empregadas amostras de identidade conhecida para treinamento do algoritmo de classificação, os píxels com reflectância espectral semelhantes são agrupados em n classes, conforme critério estabelecido pelo analista.

O último procedimento refere-se obtenção da exatidão da imagem classificada e do mapa gerado. A forma mais comum de expressar a precisão de mapas é obter a porcentagem da área corretamente mapeada por meio da comparação com os dados de referência ou verdade de campo. A relação entre os dois planos de informação é comumente resumida em uma matriz de erros (JENSEN, 1996) também denominada matriz de confusão ou tabela de contingência (LILLESAND e KIEFER, 1994).

A matriz de erros ou de confusão identifica o erro global da classificação de cada categoria (BRITES, 1996) mostrando também os erros de comissão e de omissão de cada categoria ou classe (CAMPBELL, 1987), permitindo o cálculo

lo dos índices de Exatidão Global e Kappa para uma classificação definida.

Na literatura encontram-se índices variando de 70% a 97% (CAMPBELL, 1987; SOARES, 1994; BRITES, 1996; VALENTE e VETTORAZZI, 2003; COSTA e BRITES, 2004; GANAN, 2005; LOBÃO *et al.*, 2005).

Fotografias aéreas mapeamento de plantas daninhas

Fotografias aéreas apresentam alta resolução espectral e espacial, e ao contrário dos sensores orbitais não apresentam restrições quanto a resolução temporal, entretanto apresentam distorções relacionadas à projeção cônica, ao posicionamento da aeronave e ao relevo da superfície terrestre.

A projeção cônica de fotografias, onde todos os raios projetantes se interceptam em um ponto, promove um deslocamento radial do centro para as extremidades de fotografias verticais. A projeção cônica aliada às diferenças do relevo e as alterações no posicionamento da aeronave promovem deslocamentos ainda maiores em fotografias aéreas, como consequência, os objetos não aparecem na fotografia em suas posições reais, acarretando variações de escala, fato particularmente grave em áreas montanhosas (CARVER, 1988).

Reconhecidamente as distorções são maiores em fotografias aéreas não convencionais, ou seja, obtidas por câmeras não métricas embarcadas em aviões de pequeno porte quando comparadas às fotografias aéreas convencionais. Entretanto, a facilidade e a possibilidade de obtenção de fotografias não convencionais tem justificado estudos objetivando conhecer as potencialidades da utilização de fotografias não convencionais na geração de mapas de distribuição espacial e de níveis de infestação de plantas daninhas.

A exemplo das imagens orbitais, o emprego de fotografias aéreas como base de dados também necessita uma série de procedimentos. O primeiro refere-se ao planejamento do voo e definição da escala, altura de voo, recobrimento lateral e longitudinal. Obtidas as fotografias torna-se necessário a confecção de um mosaico e posterior correção geométrica do mesmo.

O mosaico corrigido geometricamente deve ser classificado, podendo-se empregar para tanto a classificação visual, a classificação supervisionada ou não supervisionada.

Também a exemplo das imagens de satélite é necessário verificar a exatidão do mapa gerado, para tal emprega-se a metodologia já descrita.

Considerações finais

Imagens de satélite e fotografias aéreas constituem bases de dados bastante adequadas ao mapeamento da distribuição de plantas daninhas, entretanto a escolha entre uma ou outra base de dados depende dos objetivos do trabalho e dos recursos disponíveis.

A alta resolução espectral e espacial das fotografias aéreas e, possivelmente, de algumas imagens orbitais, sugere a possibilidade de discriminação de grupos de espécies de plantas daninhas.

Palavras- Chaves: Fotografias aéreas, imagens de satélite, correção geométrica, classificação, exatidão.

Bibliografia

ANTUNIASSI, U. R. Agricultura de precisão: aplicação localizada de herbicidas. In: CONGRESSO BRASILEIRO DA CIÊNCIA DAS PLANTAS DANINHAS, 22., 2000, Foz do Iguaçu. **Anais...** Londrina: SBCPD, 2000. p. 25-43.

BRITES, R. S. **Verificação de exatidão em classificação de imagens orbitais: efeitos de diferentes estratégias de amostragem e avaliação de índices de exatidão.** 1996. 101 f. Tese (Doutorado em Ciências Florestais) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa.

BROWN, R. B.; STECKLER, J. P. G.; ANDERSON, G. W. Remote sensing for identification of weed in no-till corn. **Transactions of the ASAE**, St. Joseph, v. 37, p. 297-302, 1994.

BROWN, R. B.; STECKLER, J. P. G. A. Prescription maps for spatially variable herbicide application in no-till corn. **Transactions of the ASAE**, St. Joseph, v. 38, p. 1659-1666, 1995.

BROWN, R. B.; STECKLER, J. P. G. A. Weed patch identification in no-till using digital imagery. **Canadian Journal of Remote Sensing**, Ottawa, v. 19, p. 88-91, 1993.

CAMPBELL, J. B. **Introduction to remote sensing.** New York: The Guilford, 1987. 551 p.

CARVER, A. J. **Fotografia aérea para planejadores de uso da terra.** Trad. Ruth Ferraz Amaral. Brasília, DF: Brasília, DF: MA: SNAP: SRN: CCSA, 1988. 77 p.

CHANG, J.; CLAY, S. A.; CLAY, D. E.; DALSTED, K. Detecting weed-free and weed-infested areas of a soybean field using near-infrared spectral data. **Weed Science**, Ithaca, v. 52, p. 642-648, 2004.

COSTA, T. C. C.; BRITES, R. S. A influência do tamanho da amostra de referência na exatidão de classificação de imagens de sensoriamento remoto. **Revista Brasileira de Cartografia**, Rio de Janeiro, n. 56/02, p.151-155, 2004.

EVERITT, J. H.; ALANIZ, M. A.; ESCOLAR, D. E. DAVIS, M. R. Using the remote sensing to distinguish common (*Isocoma coronopifolia*) and drummond goldenweed (*Isocoma drummondii*). **Weed Science**, Ithaca, v. 40, p. 621-628, 1992.

GANAN, J. R.; ROCHA, J. V. MERCANTE, E.; ANTUNES, J. F. G. Mapeamento da cultura da soja com imagens Landsat 5/TM utilizando algoritmos de classificação supervisionada. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 12., 2005, Goiânia. **Anais...** Goiânia: INPE, 2005. p. 549-555.

GERHARDS, R.; WYSE-PESTER, D. Y.; MORTENSEN, D.; JOHNSON, G. A. Characterizing spatial stability of weed population using interpolated maps. **Weed Science**, Ithaca, v. 45, p. 108-119, 1997.

JENSEN, J. R. **Introductory digital image processing: a remote sensing perspective**. 2. ed. New Jersey: Prentice Hall, 1996. 316 p.

JOHNSON, G. A.; MORTENSEN, D. A.; MARTIN, A. R. A simulation of herbicide use based on weed spatial distribution. **Weed Research**, Oxford, v. 35, p. 197-205, 1995.

KARDOULAS, N. G.; BIRD, A. C.; LAWAN, A. I. Geometric correction of SPOT and Landsat image: a comparison of map-and GPS derived control points. **Photogrammetric Engineering and Remote Sensing**, Bethesda, v. 62, n. 10, p. 1173-1177, Oct. 1996.

KOGER, C. H.; SHAW, D. R.; REDDY, K N.; BRUCE, L. M. Detection of pitted morning-glory (*Ipomea lacunosa*) with hyperspectral remote sensing. II. Effects of vegetation ground cover and reflectance properties. **Weed Science**, Ithaca, v. 52, p. 230-235, 2004.

LAMB, D. W.; BROWN, R. B. Remote-sensing and mapping of weed in crops. **Journal of Agricultural Engineering Research**, v. 78, n. 2, p. 117-125, 2001.

LAMB, D. W.; WEEDON, M. Evaluating the accuracy of mapping weeds in fallow fields using airborne digital imaging: *Panicum effusum* in oilseed rape stubble. **Weed Research**, Oxford, v. 38, p. 443-451, 1998.

LILLESAND, T. M. , KIEFER, R. W. **Remote sensing and image interpretation**. 2. ed. Chichester: J. Wiley, 1994. 750 p.

LOBÃO, J.S.B.; FRANÇA-ROCHA, W.J.S.; SILVA, A.B. aplicação dos índices KAPPA E PABAK na validação de classificação automática de imagem de satélite em Feira de Santana-BA. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 12., 2005, Goiânia. **Anais...** Goiânia: INPE, 2005. p. 1207-1214.

SOARES, V. P. **Landsat thematic mapper and C-band radar satellite data to characterize *Eucalyptus* forest plantations in Brazil**. 1994. 187 f. Tese (Doutorado em Filosofia) - Colorado State University, Fort Collins.

TIAN, L.; REID, J. F.; HUMMEL, J. W. Development of a precision sprayer for site specific management. **Transactions of the ASAE**, St. Joseph, v. 42, n. 4, p. 893-900, 1999.

VALENTE, R. O. A.; VETTORAZZI, C. A. **Mapeamento de uso e cobertura do solo da bacia do Rio Corumbataí, SP**. São Paulo: IPEF, 2003. 10 p. (IPEF.Circular Técnica, 196). Disponível em : <http://www.ipef.br/publicacoes/ctecnica/> > .

Risk Analysis for Weed Occurrence

Vilma A. Oliveira¹; G. M. Bressan¹; M. Boaventura²; D. Karam³

¹USP, Depto Engenharia Elétrica, 13566-590 São Carlos, SP, Brazil;

²UNESP, Depto Ciências de Computação e Estatística, 15054-000 São

José do Rio Preto, Brazil; ³Embrapa Milho e Sorgo, 35701-970 Sete Lagoas, MG, Brasil.

Abstract: This talk presents a fuzzy system for the analysis of the risk of infestation by weeds in agricultural zones considering the weeds' variability. The inputs of the system are attributes of the infestation extracted from estimated maps by Kriging for the weed seed production and weed coverage, and from the competitiveness, inferred from narrow and broad-leaved weeds. Results for the risk inference in a corn-crop field are presented and evaluated by the estimated yield loss.

Keywords: Kriging, fuzzy rules, Bayes rules, risk inference.

Introduction

Usually, herbicides are spread uniformly over the whole field aiming the control of the weeds. However, the weed infestation does not occur all over the field and the amount of herbicide can be reduced by spraying only on the weed patches (Wallinga, et al., 1998). The prediction of the dispersion of weeds can efficiently be used in the prevention of infestations with the application of herbicides only in specific regions (Jurado-Expósito et al., 2003). There are a few modeling formalisms that can be used for the classification of the risk of weed infestation in a crop field (Primot et al., 2006). Fuzzy rule based inference systems which assigns non fuzzy input vectors to one of a given set of classes have often been used because boundaries among classes are not always clearly defined (Yang et al., 2003). In the literature, Bayesian based methods have already been used for modeling a few similar problems (Hughes and Madden, 2003; Banerjee et al., 2005). The main goal of

this talk is to present a methodology to classify the risk of weed infestation in agricultural zones considering the variability of weeds using both fuzzy and Bayesian inferences. The risk of weed infestation of regions of the crop, is analyzed from the combination of weed coverage, weed seed production, weed seed patches, obtained from estimated maps by Kriging, and weed-crop competitiveness. Results for the classification of the risk of infestation of a corn-crop are given.

Material and Methods

Map Objects

Let (x, y) represent the entire map region with (x, y) the spatial coordinate of the intensities in the map. The clusters detected in (x, y) associated to the weed maps provide the attributes to infer the weed infestation risk. Aiming at a better division of the intensities levels, the clusters in (x, y) are described by connected objects obtained as follows. First, to obtain encoded objects 0, 1, 2 and 3, the intensities $f(x, y)$ of (x, y) are quantized into four levels L_0, L_1, L_2, L_3 associated to ranges equally apart of $f(x, y)$ by an encoder. Then, a map $I(x, y)$ with pixels given by coded intensities 0, 1, 2 or 3 is formed. The pixels in $I(x, y)$ may represent the same intensity range but may belong to different clusters within the image. Connected objects are thus obtained by image analysis using a 4-connected model. In this model, two pixels in the 4-neighbors are connected if they have the same value. The 4-connected model is implemented by generating a binary matrix. Finally, connected objects are labeled and organized in a matrix. The pixels labeled 0 form the first connected object, the pixels labeled 1 form the second connected object, and so on.

Modeling of the Fuzzy System

A classification fuzzy system contains rules characterized as follows:

If feature A_j is condition A_{ij} then class c_i (1)

Where $A_j = \{A_{j1}, \dots, A_{jm}\}$, $A_{ij} = \{A_{i1}, \dots, A_{im}\}$ and $c_i = \{c_{i1}, \dots, c_{iC}\}$, $i = 1, \dots, C$ with the number of classes and $j = 1, \dots, m$, with the number of attributes (Pedrycz and Gomide, 1998).

Attributes of the infestation were evaluated per regions of size not exceeding the spatial dependence of the data sets. Let $R_i, i = 1, \dots, n_R$ denote sub region i of R , $S_i(x, y)$ be the pixels of $I(x, y)$ in R_i , $J(x, y)$ the pixels with label c_i in R_i , n the number of cells occupied by the connected object $J(x, y)$ and n_i the number of connected objects in a region R_i . The attributes per region were established as follows (Bressan et al. 2008).

A_1 : *Weed coverage attribute*. Indicates the percentage of surface infested by emergent weeds in each region. It is obtained as follows:

$$A_1 = \frac{\sum_{x,y \in J} S_i(x,y) J(x,y)}{n} \quad (2)$$

A_2 : *Weed seed production attribute*. Characterizes the locations of seeds which can germinate and is associated with the weed seed production. It is obtained in the same way as attribute A_1 .

A_3 : *Weed seed patches attribute at life-cycle t*. Represents how the seeds contribute to weed proliferation in the surroundings of each region. It is obtained as follows:

$$A_3 = \frac{\sum_{x,y \in J} S_i(x,y) J(x,y)}{n_i} \quad (3)$$

x_4 : *Competitiveness attribute*. Reflects the high level of competitiveness of certain species of weeds and their proliferation.

The attributes x_1, x_2, x_3 are derived from estimated maps and image analysis and are obtained per region. The attribute

x_4 can not be directly inferred and it is obtained from a neurofuzzy system. The neurofuzzy inputs are chosen as the total density of weeds per parcel, that is, the number of weeds per m^2 , and the corresponding proportions of narrow and broad-leaved weeds. The output is the weed biomass, which is defined as the amount of dry material per m^2 of the aerial part of the weeds. To evaluate the attributes by region, the crop is divided into n_R regions of $p \times p$ cells not exceeding the data sets spatial dependence.

Modeling of the Bayesian Networks

A Bayesian network can be viewed as a form of probabilistic graphical model used for knowledge representation and reasoning about data domains. Instead of encoding a joint probability distribution over a set of random variables, as done by a Bayesian network, a Bayesian classifier aims to correctly predict the value of a discrete class variable given the value of a vector of attributes (predictors). Since Bayesian classifiers are a particular type of Bayesian networks the concepts and results described in this section are valid for both.

As formally stated in Cheng, et al. (2002), a Bayesian network is represented by $BN = (N, A)$, where (N, A) is a directed acyclic graph - each node $x_i \in N, i = 1, \dots, n$ represents a domain variable (corresponding perhaps to a database feature) and each arc $a \in A$ between nodes represents a probabilistic dependency between the associated nodes.

Associated with each node $x_i \in N$ there is a conditional probability distribution (CPTable), collectively represented by $\{C_i\}$, which quantifies how much a node depends on its parents. The conditional independence assumption (Markov condition) allows the calculation of the joint probability distribution function over the variables x_1, \dots, x_n based on the background knowledge (BK), as

$$P(x_1, \dots, x_n | BK) = \prod_{i=1}^n P(x_i | \pi_i, BK) \quad (4)$$

Where $n = |N|$, x_i is the i -th node or variable, and π_i is the set of parents of x_i . The learning of a Bayesian network can be divided into two steps: the network structure learning and the conditional probability tables learning. The learning of these tables can be carried out using empirical conditional frequencies from data (Cheng, et al., 2002). When building a Bayesian network based on human expert knowledge, the major problem is the conditional distribution probability definition. To avoid this difficulty it is possible to use expert knowledge to build only the Bayesian network structure and then use learning algorithms to induce C_i from data.

In a Bayesian network structure, with Ch_A as the set of children of node A and Pa_A as the set of parents of node A , the subset of nodes containing Ch_A, Pa_A and the parents of Pa_A is called the Markov blanket of A . In a Bayesian network the only nodes that have influence on the conditional probability distribution of a given node A are the nodes that belong to the Markov blanket of A . Thus, after learning a Bayesian network classifier from data, the Markov blanket of the node that represents the class can be used as a attribute subset selection method, in order to identify, from all the nodes that define the network, those that influence the class node.

The knowledge represented by a Bayesian classifier is not as comprehensible as some other forms of knowledge representation, as for instance, classification rules. However, the method named BayesRule (Hruschka, et al. 2007), after inducing the Bayesian classifier yields a set of if-then rules probabilistically qualified of the form

$$\text{If } \textit{condition}_j \text{ then class } c \text{ with certainty } F \quad (5)$$

where the *condition* is called antecedent and F is a percentage value. Let V_1, \dots, V_n, C be the sets of linguistic variables values for v_1, \dots, v_n and c , respectively. Also, let $|V_i| = j_i, i = 1, \dots, n$ and $|C| = j$. A linguistic probabilistic if-then rule can be characterized as:

$$\text{If } v_i \text{ is } V_{i,j_i} \text{ and } \dots \text{ and } v_n \text{ is } V_{n,j_n} \text{ then } c \text{ is } C_j \text{ with certainty } F \quad (6)$$

Where $J_i = \{1, \dots, j_i\}, i = 1, \dots, n$ and $J = \{1, \dots, j\}$. Considering a particular situation where the Markov blanket of the class variable is the set v_1, \dots, v_k , the a posteriori probability of class $c = C_j$ given the values of the variables in the Markov blanket of class c for a particular instantiation of indexes $J_i, i = 1, \dots, k$ is

$$P(c = C_j | V_{1,j_1}, \dots, V_{k,j_k}) = \max_{j \in \{1, \dots, j\}} \{P(c = C_j | V_{1,j_1}, \dots, V_{k,j_k})\} \quad (7)$$

$$\text{with } P(c = C_j | V_{1,j_1}, \dots, V_{k,j_k}) = \frac{P(c = C_j) P(V_{1,j_1}, \dots, V_{k,j_k} | c = C_j)}{\sum_{j=1}^j P(C_j) P(V_{1,j_1}, \dots, V_{k,j_k} | C_j)}$$

The a posteriori probability can be translated into a linguistic probabilistic if-then rule as:

$$R_r : \text{If } v_i \text{ is } V_{i,j_i} \text{ and } \dots \text{ and } v_n \text{ is } V_{n,j_n} \text{ then } c \text{ is } C_j \text{ with certainty } F \text{ given by } (9)$$

where index $r = 1, \dots, R$ with R the number of rules given by the BayesRule method.

Discussions and Conclusions

A classification fuzzy system to analyze infestations by weed in regions of a field was presented. Important attributes including weed seed production, weed coverage, weed seed patches and competitiveness were used. For comparison purposes, a hybrid approach, which articulates Bayes and linguistic rules, was used to improve the model understandability by extracting classification rules from the Bayesian network. Further work includes the use of extensive simulations and experiments to analyze the sensibility of the solution to the membership function intervals and attributes.

References

BANERJEE, S.; JOHNSON, G. A.; SCHNEIDER, N.; DURGAN, B. R. Modeling replicated weed growth data using spatially-varying growth curves, **Environmental and Ecological Statistics**, v. 12, n. 4, p. 357-377, 2005.

BRESSAN, G. M.; KOENIGKAN, L.V.; OLIVEIRA, V. A.; CRUVINEL, P. E.; KARAM, D. A Classification Methodology for the Risk of Weed Infestation Using Fuzzy Logic, **Weed Research**, Oxford, 2008. No prelo

CHENG J.; GREINER, R.; Kelly J.; BELL D.; LIU W. Learning Bayesian networks from data: an information-theory based approach, **Artificial Intelligence**, v.137, n.1, p.43-90, 2002.

COUSENS, R.; MORTIMER, M. **Dynamics of Weed Populations**. Cambridge: University Press, 1995.

JURADO-EXPÓSITO, A.; LÓPEZ-GRANADOS, F.; GARCÍA-TORRES, L.; GARCÍA-FERRER, A.; SÁNCHEZ DE LA ORDEN, M.; ATENCIANO, S. Multi species weed spatial variability and site specific management maps in cultivated sunflower. **Weed Science**, Ithaca, v. 51, n. 3, p. 319-328, 2003.

HRUSCHKA JR., E. R.; NICOLETTI, M. C.; OLIVEIRA, V. A.; BRESSAN, G. M. Markov-blanket based strategy for translating a Bayesian classifier into a reduced set of classification rules. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON HYBRID INTELLIGENT SYSTEMS, 7., 2007, Kaiserslautern, 2007. [Paper]... Kaiserslautern: Technische Universität, 2007.p.192-197.

HUGHES, G.; MADDEN, L. V. Evaluating predictive models with application in regulatory policy for invasive weeds, **Agricultural Systems**, Barking, v. 76, n. 2, p. 755-774, 2003.

PARK, S. E.; BENJAMIN, L. R.; WATKINSON, A. R. The theory and application of plant competition models: an agronomic perspective. **Annals of Botany**, London, v. 92, n. 6, p. 741-748, 2003.

PEDRYCZ, W.; GOMIDE, F. **An Introduction to Fuzzy Sets: Analysis and Design**. Cambridge: MIT Press, 1998.

PRIMOT, S.; VALANTIN-MORISON, M.; MAKOWSKI, D. Predicting the risk of weed infestation in winter oilseed rape crops. **Weed Research**, Oxford, v. 46, n. 1, p. 22-33, 2006.

WALLINGA, J. R. M.; GROENEVELD, W.; L LOTZ, A. P. Measures that describe weed spatial patterns at different levels of resolution and their applications for patch spraying of weeds. **Weed Research**, Oxford, v. 38, n. 5, p. 351-359, 1998.

YANG, C. C.; PRASHER, S. O.; LANDRY, J. A.; RAMASWAMY, H. S. Development of a herbicide application map using artificial neural networks and fuzzy logic. **Agricultural Systems**, Barking, v. 76, n. 2, p. 561-574, 2003.

Capítulo 12

Tecnologia de Aplicação de Herbicidas

Segurança das Condições de Trabalho com Herbicidas

Joaquim Gonçalves Machado Neto

UNESP/FCAV – Câmpus de Jaboticabal – Depto. de Fitossanidade. Via de Acesso Prof. Paulo Donato Castellane, sn.
14994-9000. Jaboticabal - SP.

Introdução

Os herbicidas são compostos químicos rigorosamente selecionados por períodos de oito a dez anos pela capacidade de intoxicar e serem letais às plantas daninhas. Divido à toxicidade, os herbicidas podem intoxicar também outros organismos vivos que entrarem em contato íntimo, inclusive os trabalhadores expostos. Portanto, nas atividades realizadas com os herbicidas, como com qualquer agrotóxico, existe um determinado risco de intoxicação do trabalhador. De acordo com a legislação atual, a norma regulamentadora n. 31 (BRASIL, 2007), se existe risco de intoxicação há a necessidade da realização da avaliação do risco e, se necessário, utilizar medidas de segurança do trabalho.

A NR 31 tem por objetivo estabelecer os preceitos a serem observados na organização e no ambiente de trabalho, de forma a tornar compatível o planejamento e o desenvolvimento das atividades da agricultura, pecuária, silvicultura, exploração florestal e aquicultura com a segurança e saúde e meio ambiente do trabalho (BRASIL, 2007). Esta norma determina que cabe ao empregador rural ou equiparado, entre outras, garantir adequadas condições de trabalho, higiene e conforto para todos os trabalhadores, segundo as especificidades de cada atividade. Portanto, é dever do empregador realizar a avaliação dos riscos de intoxicação existem nas condições de trabalhos. Com base nos resultados destas avaliações, adotar medidas de prevenção e proteção para garantir que todas as atividades, lugares de trabalho, máquinas, equipamentos, ferramentas e processos produtivos sejam seguros e em conformidade com as

normas de segurança e saúde. Após a realização das avaliações dos riscos existentes nas condições de trabalho, o empregador é obrigado a informar aos trabalhadores os riscos decorrentes do trabalho e as medidas de proteção implantadas, inclusive em relação a novas tecnologias adotadas e os resultados das avaliações ambientais realizadas nos locais de trabalho.

Gestão do Risco de Intoxicação no Trabalho com Herbicidas

As medidas de gestão dos riscos adotadas pelo empregador, de acordo com a NR 31, devem seguir a seguinte ordem de prioridade:

1. Eliminação dos riscos.
2. Controle de riscos na fonte.
3. Redução do risco ao mínimo através da introdução de medidas técnicas ou organizacionais e de práticas seguras inclusive através de capacitação.
4. Adoção de medidas de proteção pessoal, sem ônus para o trabalhador, de forma a complementar ou caso ainda persistam temporariamente fatores de risco.

Estas obrigações dos empregadores seguem uma ordem lógica de atividades que se inicia com a avaliação do risco que suas condições de trabalho oferecem aos trabalhadores, determinar a segurança das suas condições de trabalho, adoção e avaliação da eficácia das medidas de segurança implementadas. Finalmente, divulgação para os empregados os resultados das avaliações e a eficácia das medidas de segurança adotadas.

O processo de avaliação do risco e da segurança das condições de trabalho

O processo de avaliação do risco ocupacional inicia-se com a identificação das condições de trabalho específicas do empregador. Isto porque, o risco de intoxicação é quantificado com base na toxicidade do agrotóxico em uso e na exposição proporcionada pela condição de trabalho ao empregado.

Após a identificação das condições de trabalho quantificam-se as exposições dérmicas e respiratórias em condições reais de campo. As exposições dérmicas são quantificadas em vestimentas amostradoras que cobrem todas as partes do corpo do trabalhador e a respiratória, em cassetes, com filtros específicos, conectados a bombas pessoais de fluxo de ar contínuo, conforme se observa na Figura 1.

Geralmente são avaliadas as exposições potenciais, sem nenhuma medida de segurança, e com as medidas de segurança em uso ou que poderiam ser utilizadas. Para avaliar a eficácia das vestimentas de proteção individual as vestimentas amostradoras são usadas em baixo das mesmas e em condições normais de trabalho. Desta forma, determina-se o risco potencial de cada condição de trabalho e, por diferença das avaliações, a eficácia das medidas de segurança.



Figura 1. Vestimentas e amostradores da exposição dérmica e bombas individuais de fluxo de ar contínuo para amostragem da exposição respiratória.

A determinação da segurança das condições de trabalho com os agrotóxicos é realizada com o cálculo da margem de segurança (MS), por meio da fórmula proposta por Severn (1989), modificada por Machado Neto (1997), que é a seguinte:

$$MS = (NOEL \times \text{Peso}) / (QAE \times FS), \text{ onde:}$$

NOEL = nível de efeito não observável, estabelecido para cada agrotóxico em testes de avaliação da toxicidade crônica com animais de laboratório, e expresso em mg/kg/dia. Este é o parâmetro da toxicidade do agrotóxico que substitui o limite de tolerância (TL) estabelecido na NR 15 – Atividades e operações insalubres (ATLAS, 2003). É importante ressaltar que a NR 15 apresenta os princípios norteadores que permitem a implantação de um programa de higiene ocupacional.

A quantidade de produto resultante da multiplicação do NOEL pelo peso corpóreo do trabalhador é denominada de dose segura, ou seja, uma quantidade do produto considerada como sem significado toxicológico.

QAE = quantidade absorvível da exposição, ou seja, quanto da exposição dérmica e respiratória que pode ser absorvido, entrar na corrente sanguínea do trabalhador, atingir o sitio de ação e causar intoxicação. Nos casos dos agrotóxicos que não existem estudos da absorção dérmica, a absorção dérmica pode ser considerada como 5, 10 ou 20% da exposição quantificada durante uma jornada diária de trabalho. Na via respiratória, a absorção é de 100% da exposição avaliada. Entretanto, nas condições de campo as exposições respiratórias são têm sido avaliadas e classificadas como toxicologicamente insignificantes (Machado Neto, 1997).

FS = fator de segurança: utilizado para compensar a extrapolação do valor do NOEL, obtido em animais de laboratório, para o homem. Este valor pode ser: 10, 25 ou 100. Para os agrotóxicos em geral utiliza-se o valor de 10 (Machado Neto, 1997).

Critério de aceitabilidade do risco no trabalho com os herbicidas

O critério de aceitabilidade do risco, ou de segurança das condições de trabalho, com esta abordagem, de acordo com Machado Neto (1997), é o seguinte:

A condição de trabalho é classificada como segura se o valor do MS for maior ou igual a 1 ($MS \geq 1$), o risco de intoxicação é aceitável e a exposição tolerável. Neste caso, do ponto de vista toxicológico, não há necessidade de se utilizar qualquer medida de segurança, pois a condição de trabalho não oferece risco de intoxicação do trabalhador.

A condição de trabalho é classificada como insegura se o valor da MS calculada for inferior a 1 ($MS < 1$), o

risco de intoxicação é inaceitável e a exposição intolerável. Nestas condições há a necessidade de se adotar medidas de segurança, pois há a possibilidade de intoxicação do trabalhador com os agrotóxicos em exposição. Nestas situações surge a seguinte pergunta: quanto que se deve controlar das exposições para se tornar estas condições de trabalho seguras? Este parâmetro pode ser calculado com fórmula proposta por Machado Neto (1997), que é a seguinte:

$NCE = (1 - MS) \times 100$, onde NCE = necessidade de controle da exposição (%).

A partir deste cálculo é que seleciona as medidas de segurança que proporcionem eficácia suficiente para atender a NCE calculada.

Medidas de segurança

As medidas de segurança devem utilizadas nas condições de trabalho classificadas como inseguras e de risco inaceitáveis para torná-las seguras e com riscos aceitáveis (Machado Neto, 1997). As medidas de segurança no trabalho podem ser agrupadas em **medidas preventivas e de proteção**.

As **medidas preventivas** são as que eliminam ou reduzem os riscos e são agrupadas em: **Medidas administrativas**; como as normas regulamentadoras (NRs) de segurança e de medicina do trabalho (PPRA, PCMSO, NR 31 etc.) (ATLAS, 2003); **higiene, limpeza e manutenção**; **educacionais** (capacitação e treinamento dos trabalhadores), e **psicológicas**.

Medidas de proteção ou técnicas são as que isolam ou neutralizam os riscos e são agrupadas em **coletivas e individuais**. As **coletivas** são aquelas **relativas ao ambiente** de trabalho e atuam na fonte e no percurso. Controlam o risco **na fonte (geração)**, **no percurso (propagação ou trajetória)** ou **no trabalhador (receptor)** (POSSEBON, s.d.). As

individuais são as relativas ao indivíduo e atuam diretamente no corpo do trabalhador.

As **medidas de proteção coletiva** atuam na redução da toxicidade e ou das exposições proporcionadas pelas condições de trabalho. O controle da toxicidade é realizado por meio da seleção de agrotóxicos menos tóxicos e da exposição por meio da alteração dos elementos e componentes do meio de trabalho. Dos elementos ambientais, o vento no momento das pulverizações de agrotóxicos pode ser utilizado como fator de segurança ou de risco, quando aproxima ou afasta as gotas de pulverização para o corpo do trabalhador, respectivamente. Este efeito vai depender da observação do posicionamento do trabalhador em relação ao deslocamento da névoa de gotas de pulverização. Outros fatores do meio de trabalho que também podem afetar a intensidade da exposição são: tipo de cultura, de equipamento de aplicação, etc.

As **medidas de proteção individual** são aplicadas com uso de equipamentos de proteção individuais – EPIs, que ficam posicionados sobre o corpo do trabalhador exposto e impedem o contato direto do agrotóxico com a superfície do corpo. Os EPIs atuam reduzindo a exposição respiratória por meio da filtragem do ar contaminado que o trabalhador respira e a dérmica, por meio de dois princípios de proteção: **impermeabilização** - com materiais plásticos, napas e emborrachados em geral, e **hidrorrepelência** - com tecidos leves de algodão tratados com teflon (óleo fobol). A superfície dos tecidos fica lipofílica e repelente às gotículas de água das caldas de pulverização dos agrotóxicos.

A exigência de eficácia dos tecidos e materiais hidrorrepelentes utilizados para confeccionar os EPIs, avaliada em condições de laboratório, foi estabelecida na norma ISO 6529 (ISO, 2001). Com os resultados de repelência, os materiais são classificados nas classes: - Classe 3 = índice de repelência > 95%; Classe 2 = índice de repelência > 90%; Classe 1 = índice de repelência > 80%. Com os

resultados de penetração, nas classes: Classe 3 = índice de penetração < 1%; Classe 2 = índice de penetração < 5%; Classe 1 = índice de penetração < 10%.

Palavras-chaves: exposição ocupacional; risco de intoxicação; segurança no trabalho.

Bibliografia Citada

ATLAS. Segurança e Medicina do Trabalho. In: EQUIPE ATLAS. **Manuais de legislação Atlas**. 52. ed. São Paulo: Editora Atlas, 2003. 715 p.

BRASIL. Ministério do Trabalho e do Emprego. Portaria N. 86, de 03-03-2005. Anexo I – Norma Regulamentadora 31. Disponível em < http://www.mte.gov.br/legislacao/portarias/2005/p20050303_86.pdf > Acesso em: 12 jul. 2007.

INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. **6529:** Protective clothing - protection against chemicals - determination of resistance of protective clothing materials to permeation by liquids and gases. Geneva, 2001. 21 p.

MACHADO NETO, J. G. **Estimativas do tempo de trabalho seguro e da necessidade de controle da exposição ocupacional dos aplicadores de agrotóxicos**. Jaboticabal, 1997, 83 f. Tese (Livre Docência em Agronomia) – Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista.

POSSEBON, J. **Pós-graduação “Lato Senso” Especialização – Engenharia de Segurança do Trabalho – V**. Ribeirão Preto: Centro Universitário Moura Lacerda, s.d., 41 p. Apostila.

SEVERN, D. J. Use of exposure data for risk assessment. In: SIEWIERSKI, M. (Ed.) **Determination and assessment of pesticide exposure**. New York: Elsevier, 1984. p. 13-19. (Studies in Environment Science, 24).

Controle de Qualidade na Aplicação de Herbicidas

Mauri Martins Teixeira¹; Renato Adriane Alves Ruas¹

¹Universidade Federal de Viçosa, Departamento de Engenharia Agrícola,
Viçosa, MG, Cep.: 36570-000.

Importância do controle de qualidade na aplicação de agrotóxicos

O conceito de qualidade tem sido empregado para demonstrar tudo aquilo de bom que um produto pode apresentar, de tal forma a superar as expectativas de satisfação das pessoas. O controle de qualidade dos produtos agrícolas deve levar em consideração as expectativas e necessidades dos produtores, funcionários, fornecedores, clientes, comunidades e sociedade em geral.

No caso de produtos agrícolas o conceito de qualidade mudou-se radicalmente nos últimos anos. Devido ao grande avanço, dos meios de comunicação, os consumidores passaram por um acentuado processo de informação que resultou na exigência por melhores padrões de qualidade.

Até bem pouco tempo exigia-se, apenas, uma boa aparência do produto. Hoje o padrão de qualidade foi radicalmente alterado, pois além da aparência passou-se a exigir produtos mais seguros, com maior qualidade nutricional e, ainda, que ao longo da cadeia produtiva tenham sido considerados os aspectos ambientais, trabalhistas, agrícolas e de comercialização.

Tem-se observado uma cobrança acentuada da sociedade por produtos agrícolas de qualidade, principalmente, quanto à presença de resíduos. Nestes casos, os produtores, interessados em atender a estes consumidores, procuram como forma de qualificar os seus produtos, os programas de certificação da qualidade.

Considerando todos os agrotóxicos utilizados, aproximadamente 60 % destes são herbicidas. Assim, dentre as

boas práticas agrícolas necessárias ao processo de rastreabilidade, a aplicação de herbicidas requer atenção especial.

Controle de qualidade das aplicações

A utilização de agroquímicos nas lavouras é uma preocupação constante de agricultores e técnicos, tendo em vista a possibilidade de contaminação do aplicador, do consumidor, do ambiente e devido ao alto custo das aplicações. Dentre as diferentes técnicas de aplicação de agrotóxicos disponíveis, as que se baseiam na pulverização hidráulica, são as mais difundidas, graças à flexibilidade que oferecem em distintas aplicações.

Com intuito de oferecer uma relação das medidas para o controle da qualidade das aplicações de herbicidas, apresenta-se a seguir, uma relação dos principais fatores a serem considerados em um programa de controle de qualidade ou para a certificação dos diversos produtos agrícolas.

Uniformidade de distribuição de líquido

Durante as aplicações de agrotóxicos, é importante assegurar a uniformidade de aplicação do produto na lavoura, o que significa baixos coeficientes de variação da distribuição volumétrica superficial de líquido, tanto no sentido longitudinal ou do deslocamento do pulverizador, como no transversal ao longo da faixa aplicada. A uniformidade transversal depende, sobretudo, das características do jorro produzido pelas pontas de pulverização, da sobreposição desses jorros, da posição relativa das pontas em relação ao plano de tratamento e da estabilidade da barra de pulverização (BARTHELEMY et al., 1990).

A ponta é um dos dispositivos mais importantes nos pulverizadores hidráulicos, visto que permite o controle do volume de aplicação, produz gotas e as distribui de forma mais homogênea possível durante os tratamentos, segundo Teixeira (1997) e Delgado (1996).

Para se avaliar uma ponta de pulverização individualmente ou em conjunto, quanto à uniformidade de distribuição, sob condições pré-determinadas de altura e pressão de trabalho, mede-se o perfil de distribuição da ponta. Para isto utiliza-se uma bancada de ensaios, a partir do qual, mediante cálculos matemáticos, determina-se o coeficiente de variação com distintos níveis de sobreposição; ou se mede diretamente o perfil de distribuição de um conjunto de pontas em uma bancada de ensaios apropriada.

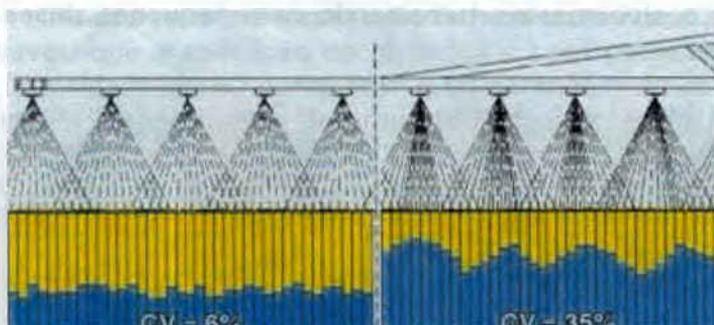


Figura 1. Uniformidade de distribuição de líquido de dois conjuntos de pontas. Fonte: Teejet.

É importante avaliar os dados de uniformidade de distribuição levando-se em conta que, no caso específico do Comitê Europeu de Normalização, por exemplo, o coeficiente de variação máximo admitido para um conjunto de pontas de pulverização hidráulica é de 7,0 %, quando utilizando a altura de barra e pressão indicada pelo fabricante, e 9,0 % para as demais alturas e pressões (ECS, 1997).

População e espectro das gotas de uma pulverização

A população de gotas produzidas por uma ponta depende de fatores tais como a pressão de trabalho, do tipo de ponta e da vazão nominal da ponta. Assim, se há produção de gotas grandes não se obtém uma boa cobertura superficial nem boa uniformidade de distribuição, podendo ocorrer, ainda, a perda do produto devido ao escorrimento.

Por outro lado, com gotas muito pequenas, embora se consiga boa uniformidade de distribuição, têm-se problemas de deriva e evaporação.

Na Figura 2, observa-se que sempre quando dividimos o diâmetro da gota pela metade multiplica-se o número de gotas por oito, ou seja dividindo uma gota grande de 400 μm de diâmetro, em gotas de 200 μm , se obtém 8 gotas com a mesma quantidade de água. Isto demonstra que é possível obter uma maior cobertura e maior eficiência em atingir o alvo mesmo trabalhando com pequenas doses de produto.

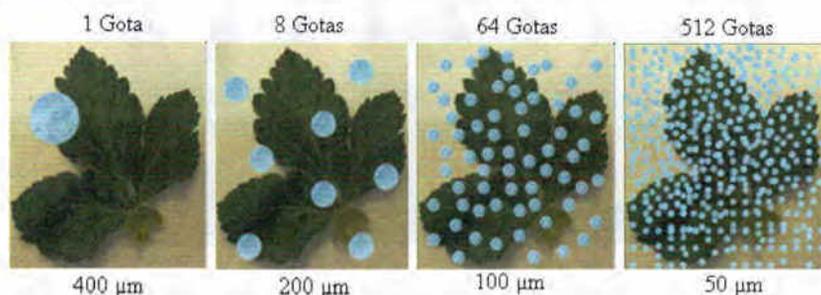


Figura 2. Equivalência entre os tamanhos das gotas.

Número de gotas a aplicar

A população de gotas produzidas por pontas durante a pulverização determina muitas vezes, a eficácia de um tratamento fitossanitário, a segurança para o aplicador e o possível impacto ambiental. Dependendo da planta a ser tratada e do produto a ser utilizado é necessário o controle do número de gotas aplicadas por unidade de superfície.

De acordo com o tipo de produto a aplicar é possível definir um número mínimo de gotas por unidade de superfície, durante as pulverizações.

Tabela 1. Recomendações mínimas das populações de gotas para os diferentes tratamentos com herbicidas em culturas de porte baixo. (BARTHELEMY et al.,1990)

PRODUTO	TRATAMENTO	VOL. DE CALDA (L ha ⁻¹)	DENSIDADE (gotas cm ⁻²)
	Pré-plantio	200-500	20-40
Herbicidas	Pré-emergência	150-300	20-30
	Pós-emergência	150-300	30-40

No que se refere à aplicação de herbicidas Ruas (2007), observou que a aplicação do glyphosate com gotas de 340 μm , densidade de 50 gotas cm^{-2} e porcentagem de cobertura de 5%, proporcionou controle de *B. decumbens* superior a 91%, com redução de até 33 % da dose recomendada.

Cobertura das gotas

A área ocupada pelas gotas durante uma aplicação na maioria das vezes está diretamente associada à eficácia dos tratamentos. Em muitos casos dependendo das características do alvo e do produto utilizado há que se escolher a ponta que propiciará a cobertura adequada, sem a qual não haverá possibilidade de atingir o alvo a ser controlado.



Figura 3. Etiquetas amostradoras usadas na avaliação da cobertura das gotas.

Como exemplo, tem-se o caso da utilização de herbicidas de contato que requer uma boa cobertura para que se alcance uma boa eficácia.

A cobertura proporcionada pelas gotas é determinada considerando a área ocupada pelas gotas pulverizadas em relação a área total.

Independente do método utilizado para análise tem-se que considerar o aspecto prático das avaliações. Neste caso com a intensificação dos sistemas de controles integrados de produção agrícola uma das preocupações é exatamente determinar, a nível de campo, qual a população e o tamanho de gotas mais adequadas para um tratamento agrotóxico. Portanto a possibilidade de utilização de uma simples etiqueta amostradora de gotas de uma pulverização reveste-se de uma grande importância prática.

Formas de expressar o tamanho das gotas

A caracterização das populações de gotas produzidas por uma ponta específica, a uma determinada pressão, permite avaliar a possibilidade, durante uma aplicação, de que se produza deriva (gotas com diâmetro muito reduzido) ou escorrimento (gotas com diâmetro muito grande).

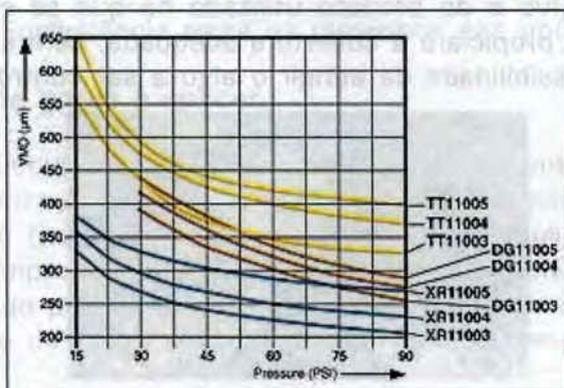


Figura 4. Diagrama do diâmetro da mediana volumétrica (DMV). Fonte: Teejet.

A partir das informações fornecidas pelos fabricantes de pontas de pulverização, na forma de diagramas de curvas do diâmetro da mediana volumétrica (VMD) versus

pressão de trabalho das pontas de pulverização é possível identificar aquela que propiciará uma melhor população de gotas, durante a pulverização. Desta forma será possível minimizar o impacto ambiental e obter melhor eficácia dos tratamentos fitossanitários.

Segundo Lefebvre (1989) para aplicações de agrotóxicos deve-se trabalhar com gotas com dimensões entre 100 e 800 μm . Gotas com diâmetros abaixo de 100 μm produzem deriva e gotas com diâmetros acima de 800 μm ocasionam escorrimento da calda aplicada, gerando nos dois casos impactos ambientais e prejuízo econômico.

Volumes de pulverização dos tratamentos fitossanitários

Quando se pensa em aplicar um produto agrotóxico em uma planta a primeira idéia que surge é a de molhar completamente a superfície das folhas. No entanto, é fácil perceber que, desta forma, grande parte do produto aplicado é desperdiçado ao cair diretamente no solo.

Atualmente, aplicando-se as técnicas disponíveis é possível obter um tratamento das plantas com maior eficácia, baixo custo e menor impacto ambiental. Uma dessas técnicas é denominada de aplicação a baixos volumes. Esta técnica requer algumas condições básicas, como equipamento adequado, controle das condições climáticas e treinamento da mão-de-obra utilizada.

Controle da deriva durante as pulverizações

A deriva pode ocorrer pelo arraste das gotas pelo vento ou pela evaporação das gotas, sendo que, essas duas formas de derivas contribuem substancialmente, para a redução da eficácia dos tratamentos. Cerca de 60% do volume de agrotóxicos comumente aplicados, não atingem o alvo, com isso, torna-se necessário a aplicação de maiores volumes de pulverização com o objetivo de se compensar as perdas (LAW 2001). Para a aplicação correta de um

agrotóxico é muito importante a escolha do tamanho das gotas adequado às condições climáticas principalmente, a temperatura, a velocidade e a direção do vento e a umidade relativa do ar no momento da pulverização. Espera-se que os melhores resultados da pulverização sejam obtidos quando a mesma é realizada de acordo com as seguintes condições ambientais:

- √ Umidade relativa do ar: mínima de 70%;
- √ Velocidade do vento: 3 a 10 km/h;
- √ Temperatura: abaixo de 25° C.

O tamanho das gotas produzidas pelas pontas tem relação direta com a deriva. Escolher a ponta que produza gotas de tamanho adequado ao produto, ao alvo a ser atingido, e ao momento da pulverização é de fundamental importância para a qualidade dos tratamentos.

A fim de se monitorar essa característica das pulverizações, torna se necessário o conhecimento da amplitude relativa do espectro de gotas produzidas pela ponta hidráulica.

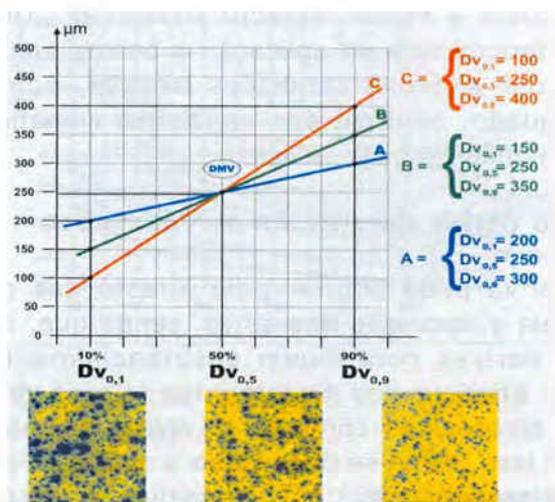


Figura 5. Amplitudes relativas de diferentes pulverizações. (Fonte: Ozeki, 2006).

Normalmente, os fabricantes de pontas possuem catálogos que informam apenas o tipo de pulverização gerado pelas pontas quanto ao tamanho das gotas produzidas (muito fina, fina, média, grossa, muito grossa), nas diferentes pressões recomendadas. Isso permite que o técnico avalie o grau de risco de deriva e evaporação que poderão ocorrer durante a pulverização. Porém, para uma análise mais acurada a respeito da qualidade da ponta de pulverização selecionada, seria necessário que os catálogos dos fabricantes também fornecessem os valores de amplitudes relativas.

Palavras-chaves: Pulverizadores, tecnologia de aplicação, rastreabilidade.

Literatura Citada

BARTHELEMY, P.; BOISGOINTER, D.; JOUY, L.; LAJOUX, P. **Choisir les outils de pulverisation**. Paris: Institut Technique des Céréales et des Fourrages, 1990. 160 p.

ECS - European Committee for Standardization. **Agricultural and forestry machinery: Sprayers and liquid fertilizer distributors – Environmental protection**. Brussels: CEN, 1997. Part 2: Low crop sprayers., p. 12761-12762.

LAW, S. E. Agricultural electrostatic spray application: a review of significant research and development during the 20th century. **Journal of Electrostatics**, Amsterdam, v. 51/52, p. 25-42, 2001.

LEFEBVRE, A. H. **Atomization and sprays**. New York: Hemisphere, 1989. 421 p. (International Series: Combustions).

OZEKI, Y. **Manual de Aplicação Aérea**. São Paulo. Ed. do autor. 2006. 101 p.

RUAS, R. A. A. Tecnologia de aplicação do glyphosate para certificação de produtos agrícolas 2007. 107 f. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal de Viçosa. Viçosa, MG.

TEIXEIRA, M. M. Influencia del volumen de caldo y de la uniformidad de distribución transversal sobre la eficacia de la pulverización hidráulica. 1997. 310 f Tese (Doutorado em Agronomia) – Universidad Politécnica de Madrid, Madrid.

Métodos de Aplicação de Herbicidas para Pequenas Propriedades e Áreas Declivosas

Francisco Cláudio Lopes de Freitas¹; Lino Roberto Ferreira²; Paula Gracielly Morais Lima do Nascimento³

¹Universidade Federal Rural do Semi-Árido; ²Universidade Federal de Viçosa; ³Universidade Federal Rural do Semi-Árido

Introdução

No Brasil, aproximadamente 85% das propriedades rurais pertencem a grupos familiares, que corresponde a 77% da população ocupada na agricultura. Cerca de 60% dos alimentos consumidos pela população brasileira vêm desse tipo de produção rural e quase 40% do Valor Bruto da Produção Agropecuária são produzidos por agricultores familiares. Vêm das pequenas propriedades, cerca 70% do feijão consumido no país, 84% da mandioca, 54% da bovinocultura de leite, 49% do milho e 40% de aves e ovos (INCRA citado por Toscano, 2003). Todavia, a indústria de máquinas e implementos agrícolas não fez, no passado, grandes investimentos no sentido de desenvolver e/ou adaptar equipamentos apropriados para atender a essa demanda, principalmente, no que se refere aos pulverizadores para aplicação de agrotóxicos.

Além das pequenas propriedades, as áreas declivosas, que dificultam ou impossibilitam o trânsito de máquinas, especialmente as de maior porte, passaram pelo mesmo problema. Nestas áreas, destacam-se os setores ligados ao reflorestamento, à cafeicultura, à fruticultura, à cana-de-açúcar e áreas ocupadas com pastagens. Nas últimas décadas, com o avanço do sistema de plantio direto, novas áreas, anteriormente consideradas impróprias à agricultura, como as que apresentam solos rasos e sensíveis à erosão, com afloramento de rochas e com declividade que dificulta a mecanização, foram também incorporadas às agricultáveis (Agnes et al., 2005), com cultivos, inclusive, de culturas anuais, como milho e feijão.

Contudo, nos últimos anos, alguns setores ligados à pesquisa e à indústria têm se empenhado para desenvolver e adaptar tecnologias e equipamentos destinados a operar em pequenas propriedades e áreas com declividade acentuada. Dentre os quais, destaca-se o desenvolvimento de técnicas e equipamentos que tornaram menos árdua e mais segura a aplicação de agrotóxicos, especialmente herbicidas, nessas condições.

Dentre os principais componentes no custo de produção da maioria dos produtos agrícolas, destacam-se os relacionados ao manejo das plantas daninhas, que são responsáveis por grandes perdas no rendimento e na qualidade do produto comercializado, além de dificultar a realização de determinados tratamentos culturais. Na maioria das áreas agrícolas, principalmente as de grande porte, o controle de plantas daninhas é realizado através a adoção de medidas químicas de controle, com o uso de herbicidas. Entretanto, com a mão-de-obra cada vez mais escassa e diante da necessidade de se reduzir custos de produção, nos últimos anos, têm si verificado aumento da área manejada com uso de herbicidas, também, nas pequenas propriedades.

Os herbicidas representam mais de 40% de todo agrotóxico comercializado no Brasil (SINDAG) e são moléculas químicas que quando aplicadas em determinada dose, promovem a redução da taxa de crescimento ou morte das plantas daninhas. No entanto, quando aplicados em quantidades inferiores à recomendada, produzem controle insuficiente e em quantidades superiores, causam perdas financeiras, intoxicação nas culturas e danos ao meio ambiente.

Uma vez constatada a necessidade do uso de herbicidas, estes devem ser aplicados de forma correta, visando a máxima eficácia biológica e o mínimo dano às culturas vizinhas, ao meio ambiente e ao homem. Essa eficácia será tanto melhor, quanto mais adequado for o equipamento e a técnica empregados. Nesse sentido, a tecnologia de aplicação de defensivos agrícolas consiste no emprego de

todos os conhecimentos científicos, que proporcionem a colocação correta do produto biologicamente ativo no alvo, em quantidade necessária, de forma econômica e com o mínimo de contaminação ambiental (Matuo et al., 2002).

No caso específico deste capítulo, os agrotóxicos a serem considerados serão os herbicidas e os alvos a serão as plantas daninhas. Considerando os herbicidas aplicados em pós-emergência, os alvos serão as folhas ou os caules das plantas daninhas. Para os produtos aplicados em pré-emergência, o alvo também serão as plantas daninhas, porém, antes, o herbicida tem de atingir o solo para depois chegar até elas, através das sementes, raízes, caulículos, etc. Percebe-se que, tanto na aplicação em pós quanto em pré-emergência, boa parte dos herbicidas não atinge o alvo correto. Com isso, têm se ressaltado a necessidade de tecnologia mais acurada para aplicação do produto químico no alvo, requerendo procedimentos e equipamentos mais adequados à maior proteção ao trabalhador e ao ambiente, especialmente, no caso da aplicação em pequenas propriedades e áreas declivosas, cujos equipamentos usados, apesar dos avanços, não são tão evoluídos se comparados aos usados em grandes áreas como os pulverizadores autopropelidos, que possuem ajustes finos, controlados por computadores, que permitem reduzir perdas e a mão-de-obra, normalmente, é menos qualificada.

Eficiência na Aplicação de Herbicidas

As perdas na aplicação dos agrotóxicos são elevadas. Do total aplicado, uma parte vai diretamente para o solo, outra parte é perdida por deriva e evaporação e apenas uma pequena quantidade do agrotóxico é depositada direta ou indiretamente sobre o alvo biológico. Diretamente, quando se coloca o produto em contato com o alvo no momento da aplicação e indiretamente, no caso dos herbicidas, quando o produto é aplicado no solo, para ser absorvido pelo sistema radicular e/ou pelas sementes ou pelo processo de redistribuição. Essa redistribuição poderá

se dar por meio da translocação sistêmica ou pelo deslocamento superficial do depósito inicial do produto.

A eficiência da aplicação é a relação entre a dose teoricamente requerida para o controle e a dose efetivamente empregada, geralmente expressa em porcentagem.

$$E = (dt/dr)100$$

Onde, E = eficiência de aplicação (%); dt = dose teórica requerida e dr = dose real empregada.

Diversos fatores podem influenciar na eficiência dos herbicidas, como por exemplo, se o herbicida é aplicado em pré ou pós-emergência, variando com o tipo de solo, o tamanho das plantas daninhas, a arquitetura da planta, morfologia e cerosidade das folhas, condições climáticas e distribuição das plantas daninhas no campo. Quando o alvo é de grandes dimensões e a coleta do produto aplicado é favorável, essa eficiência pode ser relativamente alta, como é o caso da aplicação de um herbicida sistêmico, em pós-emergência, numa área com boa cobertura de plantas daninhas, sob condições climáticas favoráveis à aplicação. Por outro lado, quando se faz aplicação foliar de um herbicida de contato, com translocação via apoplasto, esta eficiência pode atingir valores muito mais baixos, pois, normalmente, são utilizadas gotas menores, com o intuito de elevar a cobertura do alvo, o que aumenta a probabilidade de perdas por deriva. Também, na aplicação de herbicidas em pré-emergência, tem-se eficiência reduzida, porque, antes de ser absorvido pelas plantas daninhas, ele pode ser adsorvido pelos colóides do solo, lixiviado, volatilizado ou degradado ou, até mesmo, absorvido pelas culturas.

A melhoria nessa eficiência poderá ser alcançada por meio da evolução no processo, nos seus mais variados aspectos. O melhor treinamento do homem que opera o equipamento de aplicação é, sem dúvida, um dos pontos mais importantes. No entanto, devem-se desenvolver novos equi-

pamentos capazes de cumprirem essa tarefa com maior eficiência, especialmente, no caso da aplicação em pequenas propriedades e áreas declivosas, cujos equipamentos usados, apesar dos avanços, ainda não são tão evoluídos, se comparados aos usados em grandes áreas como os pulverizadores autopropelidos, que possuem ajustes finos, controlados por computadores, que permitem reduzir as perdas.

Métodos de Aplicação de Herbicidas

Os métodos de aplicação dos agrotóxicos podem ser agrupados em aplicação via sólida, líquida e gasosa, dependendo do estado físico do material a ser aplicado. Para aplicação de herbicidas a via líquida, utilizando a água como diluente, é o método mais empregado. Neste caso, aplicação é feita, normalmente, na forma de gotas (pulverização), podendo em alguns casos, ser feita por meio de pincelamento na “cepa/toco” de árvores e arbustos, logo após o corte tronco, como é o caso do picloram, em pastagens.

Na aplicação via líquida, a formulação do herbicida é diluída em água, recebendo o nome de calda, que deve ter a concentração adequada para aplicação. A concentração varia em função da dose recomendada para o herbicida e do volume de calda aplicado.

A distribuição da calda é realizada, normalmente, por meio de pulverização hidráulica, que é definida como “processo mecânico de geração de gotas” (Cordeiro, 2001; Matuo, et al. 2002). As gotas são produzidas pelas pontas de pulverização que, também, determinam a vazão e a distribuição do líquido pulverizado, sendo, portanto, o equipamento mais importante do pulverizador (Bauer e Raetano, 2004).

A aplicação pode ser feita em área total ou dirigida. Em área total, quando se deseja controlar todas as espécies presentes, como é o caso da dessecação para plantio direto ou quando se pretende controlar plantas daninhas numa

cultura, com herbicida seletivo. Por outro lado, a aplicação dirigida é empregada quando se aplica herbicidas não seletivos, visando atingir apenas a planta daninha e protegendo a cultura. Esse processo é muito usado em culturas perenes como café, eucalipto e fruteiras. A aplicação dirigida pode, também, ser feita na forma de "catação", que consiste em aplicar o herbicida, seletivo ou não, apenas nas plantas daninhas, normalmente, em áreas com baixa infestação. A "catação" é muito empregada no controle de arbustos em pastagens e de rebrota de "cepas" de eucalipto, em áreas de reflorestamento.

Outro processo comum é a aplicação em faixa. Nesse caso, pode-se aplicar herbicidas seletivos ou não seletivos, em aplicação dirigida, apenas na linha de plantio. Processo esse, muito empregado em culturas perenes como café, eucalipto e fruteiras, com grande espaçamento entre fileiras. O controle das plantas daninhas nas entrelinhas pode ser feito por métodos mecânicos, como a roçada ou a gradagem, ou por meio de aplicação de herbicidas não seletivos, na forma de jato dirigido.

Equipamentos para Aplicação de Herbicidas

Como este capítulo se refere a aplicação de herbicidas em pequenas propriedades e em áreas declivosas, será dado prioridade aos pulverizadores hidráulicos, como os costais manuais e pressurizados e os de arrasto, tracionados por homens ou animais.

Na escolha do pulverizador, deve-se levar em conta diversos fatores como: tamanho da área; topografia; cultura; estágio de desenvolvimento da cultura; modalidade de aplicação (jato dirigido ou área total); capacidade de investimento; disponibilidade de mão-de-obra qualificada e disponibilidade de assistência técnica.

Existem equipamentos capazes de fazer aplicações de herbicidas com alto grau de eficiência, mesmo para situ-

ações com baixa capacidade de investimento. Neste caso, o principal fator para o sucesso é a capacitação das pessoas envolvidas no processo, desde os técnicos que fazem as recomendações dos herbicidas e monitoramento dos equipamentos e da aplicação, passando pelas revendas, para que possam disponibilizar equipamentos de boa qualidade e pelos produtores, para que possam ter acesso às informações, até chegar os operadores dos equipamentos, que irão fazer a aplicação propriamente dita.

É comum, dar muita importância ao herbicida a ser aplicado e pouca, à técnica de aplicação.

Pulverizador Costal Manual

O pulverizador costal manual (Figura 1A) é composto por um tanque, normalmente com capacidade para 20 litros de calda, uma bomba de pistão ou êmbolo, acionada manualmente por meio de uma alavanca. Pode apresentar um único bico ou barra com dois ou mais bicos. De todos os pulverizados disponíveis para os produtores, este é o que apresenta maior grau de dificuldade de operação, devido, principalmente, o baixo nível de instrução dos operadores e à falta de controles refinados, como: pressão de trabalho, velocidade de operação e altura de barra.

Os pulverizadores costais manuais apresentam baixo rendimento operacional em consequência do tamanho do reservatório reduzido e da pequena faixa de aplicação. A utilização de barras com dois ou três bicos, associadas às pontas de pulverização com maior ângulo de abertura, que aplicam faixas mais largas, são alternativas para aumentar a faixa aplicada. No entanto, se a vazão e a pressão requerida pela ponta de pulverização forem altas, o operador não consegue dar pressão necessária. Nesse sentido, têm se priorizado pontas de pulverização de baixa vazão e com grandes ângulos de abertura do jato e que operam a baixas pressões, como as Turbo Teejet TT 11002, que segundo Freitas et al. (2005), podem operar com pressões a partir de

1,0 bar (14,22 lb pol⁻²), espaçadas de 1,0 metro, à altura de 0,5 m do alvo com excelente distribuição, produzindo baixo volume de calda (Tabela 2). Com isso, têm-se adotado barras, preferencialmente de alumínio, por serem mais leves, com duas pontas de pulverização espaçadas de 1,0 m (Figura 1B), que pulverizam uma faixa de 2,0 m de largura, com volume de calda inferior a 100 L ha⁻¹, aumentando a capacidade operacional e reduzindo a distância percorrida pelo operador.

Adotando-se esta estratégia, o operador gasta em torno de cinco pulverizadores para fazer um hectare e caminha apenas 5,0 km. Enquanto que, utilizando pontas tradicionais, que cobrem uma faixa de 0,5 m, é necessário caminhar 20 km para fazer a mesma área e com um número de paradas para reabastecimento bem maior, em consequência o dobro do volume de calda empregado.

A falta de uniformidade de pressão é um dos maiores problemas verificados em aplicações realizadas com o pulverizador costal manual, haja vista que a bomba desse equipamento é composta por apenas um pistão, ocasionando oscilação na pressão nos seus diferentes ciclos e, conseqüentemente, variação na vazão e dose aplicada do herbicida. Este problema pode ser contornado mediante o uso de controladores de vazão, também conhecidos, como válvulas reguladoras de pressão, os quais serão discutidos adiante. Esse sistema permite ao operador manter a pressão constante durante toda a aplicação, evitando variações na dosagem com o tempo e, também, oscilações que ocorrem nos diferentes ciclos do pistão.



Figura 1. Pulverizador costal manual (A); barra de alumínio para pulverizador costal com duas pontas de pulverização espaçadas de 1,0 m (B).

Pulverizador Costal Pressurizado

O pulverizador costal pressurizado possui reservatório metálico com capacidade para 16 litros de calda. O depósito é pressurizado com ar comprimido, antes do abastecimento, à pressão 40 lb/pol². A calda, previamente preparada em outro depósito, com capacidade que normalmente varia de 2000 a 5000 litros, é injetada no tanque do pulverizador por uma bomba. Uma vez pressurizado, o depósito pode ser reabastecido várias vezes. Após o abastecimento, a pressão no tanque chega a 120 lb/pol².

Quanto maior a quantidade de calda dentro do tanque do pulverizador maior é a pressão e, à medida que o tanque vai sendo esvaziado, também a pressão vai reduzindo; com isso, é imprescindível o uso da válvula reguladora, que permite manter a pressão de trabalho constante, aumentando a uniformidade de aplicação.

Trata-se de um equipamento de alto custo, que envolvendo equipe de trabalho com pelo menos 10 aplicadores, pois requer também um trator ou caminhão tanque para transporte e injeção da calda no tanque dos pulverizadores. É usado em grandes áreas canavieiras, de eucalipto e em cafezais, com topografia irregular.

Como a aplicação de herbicidas não requer pressões elevadas, superiores a 40 lb/pol², esse equipamento não vem sendo muito usado, pois o pulverizador costal manual, se usado adequadamente apresenta a mesma eficiência, com custos muito mais baixos.

Pulverizadores acoplados sobre rodas

Nos últimos anos, foram desenvolvidos pulverizadores acoplados sobre rodas. Estes equipamentos são de baixo custo em relação aos tratorizados e adequados para pequenas áreas, podendo ser tracionados pelo homem ou por animais.

Os pulverizadores tracionados pelo homem são compostos por um pulverizador costal adaptado sobre uma ou duas rodas, que acionam a bomba de pistão, gerando a pressão (Figura 2A), tendo recebido a denominação de "ciclo-jet" (Ferreira et al., 2007). A pressão pode ser alterada, para mais ou para menos, aumentando-se ou diminuindo-se o curso do pistão.

Esse tipo de pulverizador reduz o esforço do operador que não carrega o peso nas costas, além de realizar a operação com maior rendimento operacional, com uma faixa aplicada de até quatro metros por passada. No entanto, as duas maiores vantagens desse equipamento são a redução da exposição do operador, que caminha cerca de três metros adiante da barra de pulverização e a manutenção do volume de calda aplicado, mesmo com a alteração da velocidade, pois a variação da velocidade apresenta uma relação direta com a pressão, como consequência da variação dos giros da roda, fazendo com que o volume de calda pulverizado não sofra grandes variações. A estes pulverizadores podem ser adaptados acessórios para aplicação de herbicidas na forma de jato dirigido, os quais serão discutidos mais adiante.



Figura 2. Pulverizador “ciclo jet” acoplado com barra de quatro pontas de pulverização espaçadas de 1,0 m (A); pulverizador acoplado sobre rodas, tracionado por animal (“carroçajet”) com barra de seis pontas de pulverização espaçadas de 1,0 m (B).

Um outro pulverizador também adaptado sobre rodas é o “carroça-jet” (Ferreira et al., 2007), construída de modo semelhante “ciclo-jet”, porém com depósito maior e tracionado por animal (Figura 2D). É encontrado no mercado com tanque com capacidade de armazenamento de até 200 litros e autonomia para até 3,0 ha, dependendo da ponta de pulverização e da configuração empregada (espaçamento entre bicos e vazão). Este equipamento permite operar com barra de até seis metros de largura, com topografia plana a ligeiramente inclinada.

Pulverizador “burrojet”

O “burrojet” é um equipamento de pulverização com um depósito com capacidade para 90 litros de calda (Figura 2 A), adaptado para ser transportado no lombo de um animal. A pressão é dada por uma bomba elétrica adaptada no equipamento, alimentada por uma bateria de automóvel, que é recarregada durante a noite e tem autonomia para 12 horas de trabalho.



Figura 3. Pulverizador “Burro Jet” em detalhe (A) e acoplado com barra para aplicação em área total (B).

O “burrojet” possui duas mangueiras de saída, nas quais podem ser adaptados bicos ou barras de pulverização. A Figura 3B ilustra uma barra com seis pontas de pulverização TT110 02 espaçadas de 1,0 m, pulverizando uma faixa de 6 m, sendo conduzida por duas pessoas posicionadas nas extremidades da barra. Esta adaptação permite aplicar herbicidas em áreas inclinadas com alto rendimento, devido à redução do volume de calda em função aumento do espaçamento entre as pontas de pulverização e com boa uniformidade de altura de barra.

Componentes Importantes nos Pulverizadores

Os componentes básicos do circuito hidráulico da maioria dos pulverizadores usados em pequenas propriedades e regiões declivosas são: tanque, bomba, mangueiras, filtros, manômetro, barra com pontas de pulverização e válvulas controladoras de pressão. Embora, outros componentes importantes possam estar disponíveis em alguns modelos, alguns destes componentes serão descritos com mais detalhes, devido à maior importância na eficiência da aplicação.

Manômetro

Os manômetros são instrumentos que indicam a pressão de trabalho. As normas técnicas definem que os

manômetros devem ser dimensionados para leitura na faixa de 25 a 75% de sua escala. Isto indica que um manômetro de 0 a 500 lb pol² é indicado para leituras entre 100 e 400 lb pol². Como a maioria das pontas de pulverização utilizadas na aplicação de herbicidas operam nas pressões entre 20 e 60 lb pol², os manômetros mais indicados para esta condição são aqueles com leituras entre 0 e 100 lb pol².

Reguladores de pressão

Existem no mercado, dois tipos de reguladores de pressão, as válvulas reguladoras e os reguladores do tipo registro. As Válvulas reguladoras (Figura 4A) consistem em uma válvula de diafragma que se abre à pressão pré-estabelecida e um pistão que restringe o fluxo quando a pressão excede à preestabelecida, funcionando também, como sistema antigotejante, evitando a saída de calda após o fechamento da válvula do gatilho do pulverizador, ou quando, por qualquer outro motivo, a pressão do sistema caia abaixo da desejada. Sendo fixada, normalmente, na extremidade da lança, junto à ponta de pulverização.



Figura 4. Válvula reguladora de pressão com molas amarela (1 bar / 14,22 lb pol²) e azul (2 bar / 28,44 lb pol²) (A); regulador do tipo registro (B).

Este sistema permite ao operador manter a pressão constante durante toda a aplicação, evitando variações na dosagem com o tempo e, também, oscilações que ocorrem nos diferentes ciclos do pistão. É muito importante para os pulverizadores costais.

As pressões de trabalho das válvulas reguladoras são pré-estabelecidas pelo fabricante, devendo-se selecionar a mais adequada para cada tipo de pulverização e ponta ("bico") utilizada. Para facilitar a identificação, as mesmas seguem um código de cores:

- Amarelo – 1 bar ou 100 kPa ou 14,22 lb pol⁻²
- Azul – 2 bar ou 200 kPa ou 28,44 lb pol⁻²

Os reguladores do tipo registro (Figura 4B), são formados por um registro montado, normalmente, próximo à válvula do gatilho, que funcionam restringindo ou aumentando o fluxo de líquido que chega à ponta de pulverização. Atualmente, esses registros estão sendo comercializados com um manômetro acoplado ao sistema, de modo a se observar a pressão de trabalho. Apresentam a vantagem de poder selecionar, em um único dispositivo, diferentes pressões de trabalho. No entanto, são mais caros e pesados que as válvulas reguladoras, permitem a alteração acidental da pressão de trabalho e limitam apenas a vazão máxima, isto é, pode aplicar o agrotóxico abaixo da pressão recomendada.

Protetores para aplicação de herbicidas em jato dirigido

A aplicação de herbicidas não seletivos na forma de jato dirigido é muito empregada em culturas perenes como café, eucalipto e fruteiras. Entretanto não é uma tarefa fácil, principalmente quando o herbicida é sistêmico, porque, ao atingir parte da planta, ocorre a absorção e redistribuição para os demais órgãos, podendo causar sérios danos à cultura. Para que esta aplicação seja segura é necessário que o operador seja uma pessoa bem treinada e que o equipamento possua condições adequadas, como válvulas reguladoras de pressão, no caso dos pulverizadores costais, pontas que produzam gotas pouco propensas à deriva (grossas ou muito grossas) e, preferencialmente, de ar induzido. Além de todos esses cuidados, muitas vezes é imprescindível o

uso de estruturas que protejam a cultura, como o chapéu de Napoleão (Figura 5 A), "mão-baixa" (B) e sistemas ante deriva adaptados para o "ciclojet" (Figuras 5 C e D)



Figura 5. Equipamentos para aplicação dirigida de herbicidas: chapéu de Napoleão (A); "mão-baixa" (B); pulverizador "ciclo jet" com protetor para aplicação dirigida (C e D).

Filtros

Na maioria dos pulverizadores, estes devem ser colocados na boca do tanque, antes da bomba, na linha de pulverização e nos bicos. Nos costais devem ser colocados na boca do tanque, e nos bicos. Eles apresentam quatro funções muito importantes:

a) Garantir maior uniformidade nas aplicações, não permitindo que o entupimento das pontas de pulverizações cause a distribuição desuniforme da calda.

b) Garantir maior capacidade operacional dos pulverizadores, diminuindo o tempo parado para desentupir as pontas de pulverização, tratando assim maior área por dia.

c) Garantir segurança ao trabalhador, não o expondo ao trabalho de desentupir as pontas de pulverização, evitando-se assim o contato direto com a calda, ficando o trabalhador com a função de apenas conduzir o conjunto pulverizador.

d) Garantir maior durabilidade às pontas de pulverização, diminuindo as impurezas e, assim, a abrasão, além de evitar o uso de material não recomendado, como objetos metálicos para desentupir as pontas de pulverização.

As malhas dos filtros devem ser escolhidas em função da formulação do herbicida a ser aplicado. Pó molhável e seus derivados (suspensão) devem usar filtros com malha 50. Para as formulações pó solúveis, solução-aquosa e concentrados emulsionáveis podem ser usadas malhas 80 ou 100. O modelo e tamanho das pontas de pulverização também influenciam a escolha da malha do filtro. As pontas com orifícios menores exigem filtros mais finos (malha 100) e nas de maior vazão as malhas podem ser mais grossas (malha 50). É importante seguir as recomendações dos catálogos.

Pontas de pulverização

Habitualmente o termo "bico de pulverização" é utilizado como sinônimo de "ponta de pulverização", entretanto, correspondem a estruturas diferentes. O bico é composto por todo o conjunto com suas estruturas de fixação na barra (corpo, filtro, ponta e capa), conforme ilustrado na Figura 6, enquanto que ponta corresponde ao componente do bico responsável pela formação e distribuição das gotas. Sendo, portanto, a parte mais importante do pulverizador.

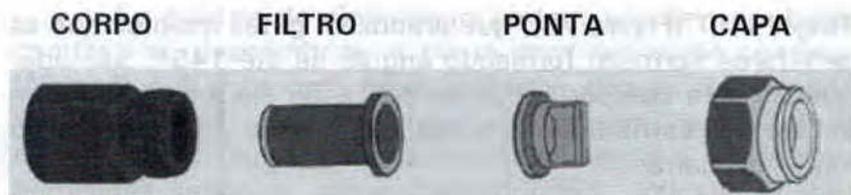


Figura 6. Componentes de um bico de pulverização.

O uso de pontas de pulverização inadequadas, desgastadas ou danificadas é uma das principais causas da baixa eficiência na aplicação dos agrotóxicos, pois elas determinam o tamanho da gota, a vazão e a distribuição da calda pulverizada.

Existem vários modelos de pontas de pulverização disponíveis no mercado. Cada uma produz tamanho de gotas e padrão de deposição diferentes. Portanto, é muito importante saber escolher a ponta mais adequada ao trabalho a ser realizado. Cada modelo de ponta de pulverização apresenta algumas características peculiares que as diferenciam, devendo ser selecionada em função do produto que se deseja aplicar, da superfície a ser tratada e do volume de calda necessário.

Os principais modelos de pontas de pulverização para bicos hidráulicos são:

a) Pontas de jato plano: que podem ser do tipo 'leque' ou 'de impacto', produzem jato em um só plano e o seu uso é mais indicado para alvos planos.

Nas pontas de impacto, o líquido é lançado em um plano inclinado e se abre na forma de leque. O padrão de deposição das pontas de impacto convencionais é muito irregular. Podem trabalhar em baixa pressão e têm ângulos grandes (130°). São mais adequadas para aplicação de herbicidas em pré-emergência ou sistêmicos em pós-emergência. Entretanto, algumas pontas defletoras mais modernas, como as Turbo Floodjet - TF-VS (Figura 7A) e Turbo

Teejet – TT (Figura 7B), que produzem gotas maiores que as defletoras normais, formando ângulo de até 145°, são adequadas para compor barras de aplicação em área total, com excelente distribuição e baixo coeficiente de variação ao longo da barra.



Figura 7. Pontas de jato leque de impacto: turbo Floodjet - TF (A), turbo Teejet - TT (B) e corte da turbo Teejet com indução de ar – TTI (C).

Segundo Freitas et al. (2005), a ponta TT 11002 é uma alternativa para redução de volume de calda através do aumento do espaçamento entre bicos, mantendo boa uniformidade de distribuição com maior capacidade operacional do equipamento de aplicação (Tabelas 1 e 2). Outra característica interessante das pontas TT, é a possibilidade de produzir vazões baixas, gerando gotas grossas, quando operando à pressão igual ou inferior a 28,44 lb pol⁻² (200 kPa), o que reduz a propensão à deriva. Entre 2,5 e 5 bar, as gotas geradas são de tamanho médio (Spraying Systems CO, 2006), podendo, nesse caso, ser utilizada para aplicação de herbicidas de contato.

Recentemente, foram lançadas as pontas TTI, com características semelhantes às TT, porém, com o sistema de ar induzido (Figura 7C), através de um orifício para injetar ar no interior das gotas, produzindo gotas grandes cheias de ar, possibilitando melhor controle de deriva que as pontas convencionais, e também, promovendo uma boa cobertura no alvo.

As pontas do tipo leque podem ser de deposição contínua ou descontínua. A ponta com deposição contínua ("Even") pulveriza uma faixa uniforme (Figura 6A), sendo indicada para pulverização em faixas, sem haver sobreposição com os bicos vizinhos, como é o caso de herbicidas seletivos, como o oxyfluorfen, aplicado apenas sobre a linha de plantio em mudas de café e eucalipto.

Tabela 1. Uniformidade de distribuição da ponta de pulverização TT 11002 nas pressões de 100, 200, 300 e 400 kPa, a 50, 40 e 30 cm de altura de barra, espaçados de 40, 50, 80, 100, 120 e 150 cm na barra de pulverização (Adaptada de Freitas et al., 2005).

Pres- são (kPa)	Espaça- mento entre bicos (cm)	Coeficiente de variação (%)			Pres- são kPa	Espaça- mento entre bicos (cm)	Coeficiente de variação (%)		
		Altura de barra (cm)					Altura de barra (cm)		
		50	40	30			50	40	30
100*	40	5,19	7,30	8,81	300	40	2,68	0,87	2,05
100	50	5,03	6,37	18,78	300	50	1,75	2,25	5,36
100	80	18,45	12,04	22,73	300	80	3,80	1,69	8,68
100	100	6,49	17,85	51,83	300	100	5,20	6,04	26,74
200	40	1,23	1,82	5,21	400	40	2,70	1,49	1,97
200	50	1,25	4,01	2,05	400	50	2,73	1,25	5,55
200	80	5,62	5,19	7,42	400	80	3,50	1,80	10,09
200	100	6,89	5,50	27,80	400	100	5,02	5,82	25,11

* 100 kPa = 1,0 bar = 14,22 lb pol⁻²

As pontas com perfil de deposição descontínua produzem um padrão de deposição desuniforme, também chamada de distribuição normal, decrescendo do centro para as extremidades (Figura 8B). São recomendadas para trabalhar em barras, com sobreposição. Deve-se observar não somente o padrão de deposição de uma ponta de pulverização isolada, mas a somatória da aplicação. O coeficiente de variação da somatória da aplicação não deve exceder a 10%.

Tabela 2. Volume de calda, em $L ha^{-1}$, obtido a partir das vazões médias verificadas para as pressões de 100, 200, 300 e 400 kPa, para os espaçamentos de 40, 50, 80, 100 e 120 cm, nas velocidades de 4 e 6 $km h^{-1}$ (Adaptada de Freitas et al., 2005).

Pres- são (kPa)	Vazão ($L min^{-1}$)	Volume de calda em ($L ha^{-1}$)							
		40 cm		50 cm		80 cm		100 cm	
		4 km h^{-1}	6 km h^{-1}	4 km h^{-1}	6 km h^{-1}	4 km h^{-1}	6 km h^{-1}	4 km h^{-1}	6 km h^{-1}
100	0,424	159	106	127	85	-	-	-	-
200	0,636	239	159	191	127	119	80	95	64
300	0,785	294	196	236	157	147	98	118	79
400	0,920	345	230	276	184	173	115	138	92

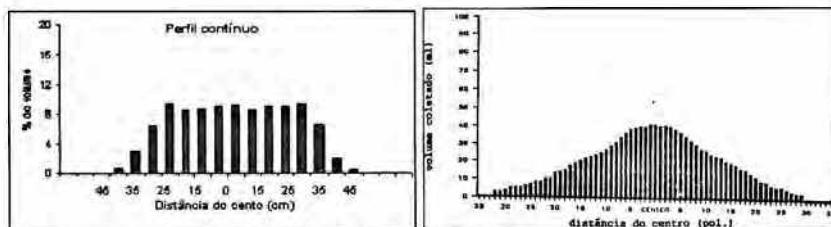


Figura 8. Ponta de pulverização com perfil contínuo (A), para aplicação em faixa, sem sobreposição e ponta de pulverização com perfil descontínuo (B), para uso em barra, com sobreposição.

As pontas do tipo leque (Figura 9) são comercializadas com diferentes ângulos, sendo os mais comuns os de 80° e 110° , embora alguns modelos, principalmente as defletoras apresentem ângulos maiores, chegando a 140° . Quanto à vazão, as pontas, normalmente, apresentam código de cores que facilita a visualização, seguindo o seguinte padrão: a cor laranja indica vazão de 0,10 galão por minuto; as verdes, 0,15 galão por minuto; as amarelas, 0,20 galão por

minuto; as azuis, 0,30 galão por minuto; e as vermelhas, 0,4 galão por minuto, isto se estiverem trabalhando a 40 lb pol². Cada galão equivale 3,785 litros.

Os tamanhos de gotas produzidas pelas pontas de pulverização são variáveis e dependentes do tamanho do orifício, da pressão de trabalho e da característica do líquido. Como já foi discutido, o tamanho da gota tem relação direta com a deriva, evaporação e cobertura do alvo. Portanto, escolher uma ponta que produza uma gota de tamanho adequado ao produto a ser utilizado e ao alvo a ser atingido é de fundamental importância.

As pontas de jato plano 'leque' podem ainda apresentar outras características como:

- leque duplo (Figura 9B): possui dois orifícios idênticos produzindo um leque voltado para frente e outro para trás em relação à vertical, visando aumentar a cobertura do alvo. São pouco utilizadas para aplicação de herbicidas, a menos que se deseje alta cobertura do alvo, como na dessecação, utilizando herbicida de contato, como paraquat. Recentemente, alguns fabricantes têm disponibilizado no mercado pontas de leque duplo com ar induzido, que permitem melhorar a cobertura do alvo, com uso de gotas maiores, sem elevar muito a vazão.
- Injeção de ar (Figura 9C): possui uma câmara onde a calda é misturada ao ar succionado por um sistema venturi, proporcionando gotas mais grossas e reduzindo o número de gotas pequenas. Este tipo de ponta é mais adequada para produtos com alta capacidade de redistribuição na planta como os herbicidas sistêmicos, principalmente, em aplicações dirigidas, por evitar a deriva. São adequadas também para aplicação de herbicidas em pré-emergência.

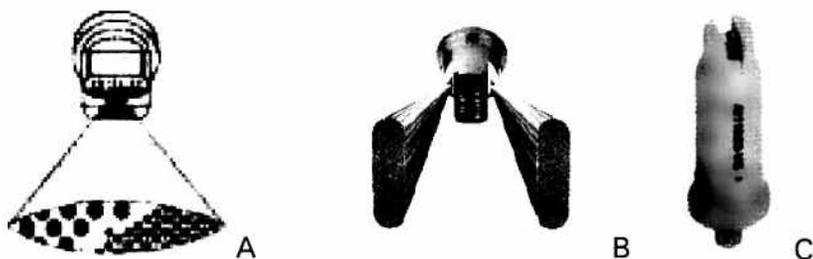


Figura 9. Pontas de jato leque (A), leque duplo (B) e leque com indução de ar (C).

b) Pontas de jato cônico: são tipicamente compostas por dois componentes denominados de ponta (disco) e núcleo (difusor, caracol, espiral ou core).

São mais freqüentemente encontradas como peças separadas, mas também, podem ser encontradas incorporadas em uma única peça. O núcleo possui um ou mais orifícios em ângulo, que fazem com que o líquido ao passar por eles adquira um movimento circular ou espiral. Após tomar esse movimento, o líquido passa através do orifício circular do disco e então se abre em um cone.

Taxas variadas de fluxo, de ângulos de deposição e de tamanhos de gotas podem ser obtidas através de combinações entre o tamanho do orifício do disco, número e tamanho dos orifícios do núcleo, tamanho da câmara formada entre o disco e o núcleo e a pressão do líquido. Em geral, pressões mais elevadas com orifícios menores no núcleo e maiores no disco proporcionam ângulos de deposição mais amplos e gotas menores.

As pontas do tipo cone podem ser de basicamente dois tipos: “cone vazio” e “cone cheio” (Figura 10).



Figura 10. Pontas de jato cônico vazias (A) e cone cheio (B)

A formação de gotas nas pontas cone vazias, somente ocorre na periferia do cone, proporcionando perfil de deposição contínuo (Figura 8A). Nas pontas de cone cheio, o núcleo possui também um orifício central, que preenche com gotas o centro do cone, proporcionando um perfil de deposição descontínuo (Figura 8B), com maior acúmulo de volume aplicado no centro do bico, sendo mais recomendado em pulverizações com barras.

As pontas de jato cônico são utilizadas na pulverização de alvos irregulares, pois como as gotas se aproximam do alvo de diferentes ângulos, proporcionam uma melhor cobertura das superfícies e penetração no dossel da planta.

Em geral, as pontas de jato plano são mais utilizadas na aplicação de herbicidas, embora as pontas de jato cônico também possam ser empregadas, desde que possuam boa uniformidade de distribuição e espectro de gotas adequado.

Tamanho das Gotas

O tamanho das gotas produzidas varia em função da ponta de pulverização e da pressão utilizada, podendo ser classificadas em: muito finas, finas, médias, grossas, muito grossas e extremamente grossas, em função do diâmetro da gota que divide o volume pulverizado em duas partes iguais, denominado de Diâmetro Mediano Volumétrico (DMV).

Existem duas classificações de tamanhos de gotas: uma realizada pelo Conselho Britânico de Proteção de Culturas (British Crop Protection Council - BCPC) e outra pela Associação dos Engenheiros Agrícolas Americanos (ASAE). Esta última, mais simples e prática, tem sido utilizada por vários fabricantes de pontas de pulverização para descrever os diferentes tamanhos de gotas de pulverização e facilitar a escolha certa do tipo de ponta por parte do usuário. Algumas empresas fabricantes de agrotóxicos introduziram a classificação da ASAE de recomendação de classe de tamanho de gotas a serem produzidas em seus rótulos. Na Tabela 3 encontram-se as classes de tamanho de gotas proposta pela ASAE e os respectivos códigos de cores.

Tabela 3. Classes de gotas propostas segundo norma da ASAE e suas aplicações na pulverização agrícola.

Categoria	Cor	DMV (μm) Aproximado	Risco de Deriva / evaporação	Aplicações Agrícolas
Muito Fina	Vermelho	< 100	Muito alto	Não recomendado
Fina	Laranja	100 – 175	Muito alto	Fungicida de contato
Média	Amarelo	175 – 250	Alto	Inseticidas e herbicidas de contato
Grossa	Azul	250 – 375	Médio	Herbicidas sistêmicos e pré-emergentes
Muito Grossa	Verde	375 – 450	Baixo	Herbicidas sistêmicos e pré-emergentes
Extrema. Grossa	Branco	> 450	Baixo	Herbicidas sistêmicos e pré-emergentes

Fonte: Spraying Systems CO (2006)

Há algumas diferenças fundamentais entre as classificações BCPC e ASAE. Ambos fornecem um código de cores e uma letra para indicar o tamanho das gotas. No entanto, o foco da norma BCPC, desenvolvida por Doble et al. (1985), foi baseado na pulverização necessária para mai-

or eficácia dos produtos fitossanitários, determinada por onde a maioria do espectro de gota é depositada.

A norma ASAE tem como foco o potencial de deriva, com a eficiência sendo um conceito secundário. Essa norma estabelece o limite de uma classe como a curva do diâmetro acumulado da ponta de referência mais o desvio-padrão; o BCPC não considera o desvio-padrão. Com isso, como resultados gerais, as pontas tendem a ser classificadas como (gotas) mais finas na norma ASAE.

As gotas com maiores diâmetros são menos arrastadas pelo vento e apresentam menores problemas com a evaporação no trajeto da ponta ao alvo. Por outro lado, proporcionam menor cobertura da superfície a ser tratada, possuem baixa capacidade de penetração no dossel da cultura e elevam a possibilidade de escorrimento. Enquanto que as gotas de menor diâmetro são mais facilmente arrastadas pelo vento e com maior probabilidade de evaporação durante a aplicação. Porém, sob condições climáticas adequadas, proporcionam melhor cobertura do alvo, maior capacidade de penetração no dossel da cultura e reduzem a possibilidade de escorrimento.

O tamanho ideal das gotas a ser usado depende das condições ambientais (vento, umidade relativa e temperatura) e da cobertura desejada. Por outro lado, a cobertura desejada depende do tipo de produto a ser aplicado, se é sistêmico ou de contato (Tabela 4). Não existem pontas de pulverização que produzem todas as gotas uniformes, porém, existem pontas com menores variações.

Normalmente, os fabricantes informam o tipo de gota gerado pelas pontas (muito fina, fina, média, grossa, muito grossa), nas diferentes pressões recomendadas, para permitir a avaliação da cobertura do alvo, do risco de deriva e evaporação.

Cobertura do Alvo

A cobertura do alvo é calculada pela fórmula de Courshee (1967):

$$C = 15(VRK^2)/AD$$

Onde, C = cobertura (% da área); V = volume aplicado (L/ha); R = taxa de recuperação (% do volume aplicado captado pelo alvo); K = fator de espalhamento de gotas; A = superfície vegetal existente por hectare e D = diâmetro de gotas.

Segundo essa fórmula, para se conseguir elevadas coberturas deve-se manter altos os valores do numerador ou baixos os do denominador. Em aplicações a alto volume se consegue elevada cobertura, mesmo com gotas grandes. O aumento da taxa de recuperação (R) se consegue utilizando tamanho de gotas que atinge eficientemente o alvo. O aumento do fator de espalhamento de gotas (K) pode ser conseguido com adição de agentes tensoativos que diminuem a tensão superficial, permitindo melhor espalhamento da gota. Quanto aos fatores do denominador, observa-se que o aumento da área foliar implica em redução da cobertura, caso os demais fatores permaneçam constantes. Em áreas foliares grandes normalmente aumenta-se o volume pulverizado. O tamanho da gota também é fator importantíssimo, gotas menores proporcionam maior cobertura, porém, apresentam também, tempo de vida menor e maior capacidade de deriva.

Uso de Surfatantes

Os surfatantes são adjuvantes adicionados à calda com o objetivo de reduzir a tensão superficial, melhorando o espalhamento e molhamento das gotas na superfície pulverizada. Nota-se sua importância analisando a fórmula para calcular a cobertura, proposta anteriormente.

A tensão superficial é responsável pela força de coesão entre as moléculas da superfície de um líquido e varia de acordo com a substância, assim, o etanol, por exemplo, apresenta tensão superficial de $22,5 \text{ dinas cm}^{-1}$ e a água de 72 dinas cm^{-1} , a 25°C . Ao se adicionar surfatantes à água, sua tensão pode cair a valores de 30 a 35 dinas cm^{-1} , dependendo do surfatante, aumentando seu espalhamento na superfície.

O surfatante adicionado à calda, principalmente, quando a aplicação é sobre superfícies cerosas, com tensão superficial elevada, facilita o uso de gotas maiores, reduzindo perdas por deriva e, ainda, com boa cobertura, devido ao maior espalhamento das gotas, conforme ilustrado na Figura 11.



Figura 11. Área de contato da gota na superfície pulverizada, sem uso de surfatante (esquerda) e com uso de surfatante (direita).

Deriva – Causas e Controle

Na aplicação de agrotóxicos, a deriva de pulverização é o termo usado para aquelas gotas que não foram depositadas no alvo. Estas gotas provavelmente são pequenas, com diâmetro menor que $100 \mu\text{m}$, e facilmente movidas para fora do alvo pela ação do vento, associado às outras condições climáticas.

A deriva pode causar a deposição de produtos químicos em áreas não desejadas, com sérias conseqüências como:

- danos nos cultivos sensíveis que ficam em áreas adjacentes;
- contaminação de reservatórios e cursos de água; e
- riscos à saúde de animais e pessoas.

As causas da deriva são muitas e estão relacionadas com os equipamentos de aplicação, as formulações e as condições meteorológicas. As principais são:

a) Tamanho da gota – quanto menor a abertura do orifício do bico e maior a pressão, menores serão as gotas produzidas e, portanto, maior a tendência de perda por deriva. Gotas menores que 100 μm são facilmente derivadas.

b) Altura da ponta de pulverização – à medida que aumenta a distância entre a ponta de pulverização e a área-alvo, maior será a influência da velocidade do vento sobre as gotas e maior a tendência de deriva.

c) Velocidade de operação – velocidade mais alta contribui para que as gotas sejam arrastadas para trás e levadas pela corrente de vento ascendente, formando um turbilhão sobre o pulverizador, arrastando as gotas pequenas e aumentando a deriva. Normalmente, a velocidade de aplicação dos equipamentos propostos para pequenas propriedades e áreas declivosas é baixa e não chega a ser preocupante com relação às perdas por deriva.

d) Velocidade do vento – é o fator de maior impacto entre os fatores meteorológicos. A deriva aumenta linearmente com a velocidade do vento. No entanto, não é de interesse a ausência de vento no momento da aplicação.

e) Temperatura e umidade do ar – temperaturas ambientes acima de 25 °C e baixa umidade relativa tornam as

gotas pequenas propensas à deriva e à volatilização. Por isso, em condições de temperatura muito alta deve-se aumentar o tamanho da gota ou suspender a aplicação, para evitar grandes perdas por deriva e, ou volatilização.

f) Volume de aplicação – quando se usa volume de aplicação muito pequeno, existe uma tendência ao uso de gotas pequenas. Nessas condições, deve-se ter atenção especial com a deriva. Embora, algumas pontas de pulverização, mais modernas, permitam a obtenção de baixo volume de calda com gotas grandes ou até mesmo muito grandes, como as defletoras e de ar induzido, associando baixa vazão e grandes ângulos de abertura do jato.

h) Formulação utilizada – se esta apresentar alta pressão de vapor, devem-se adotar todas as medidas possíveis para minimizar a volatilização (ex.: aplicar em condições de menor temperatura e maior umidade relativa do ar).

Qualidade de Distribuição da Pulverização

Um dos fatores que mais influenciam a eficiência de um herbicida é a uniformidade de distribuição da pulverização, tanto no sentido do deslocamento do pulverizador, que pode ser prejudicada pela variação na velocidade do equipamento, quanto ao longo da barra ou faixa de aplicação.

A uniformidade de distribuição ao longo da barra é afetada por diversos fatores como:

- Pontas danificadas
- Uso de pontas de pulverização imprópria para aplicação em barra
- Pressão de trabalho inadequada
- Altura de barra inadequada

- Oscilação na barra
- Espaçamentos entre bicos

Na Figuras 12A e 12B, observa-se Baixa uniformidade de distribuição ao longo da barra devido ao uso de pontas de pulverização com padrão de deposição descontínuo na da barra, com sobreposição e ao espaçamento inadequado entre bicos e/ou barra baixa, respectivamente. O que implicará em excesso de dosagem nos intervalos de maior acúmulo e subdosagem nos intervalos com menor acúmulo, podendo causar ineficiência no controle ou, até mesmo, intoxicação na cultura pelo excesso de dosagem do herbicida. Enquanto que na Figura 10C, verifica-se excelente uniformidade de distribuição, com uso de pontas com padrão de deposição descontínuo, com sobreposição e altura de barra adequada.

Uma boa uniformidade de distribuição, quando se usa pulverizadores costais, é muito difícil de ser alcançada, principalmente, pela dificuldade de se manter a uniformidade de velocidade de caminamento e altura de barra por parte do aplicador, enquanto que a uniformidade de pressão é facilmente alcançada através do uso de válvula reguladora de pressão. Para melhorar a eficácia desse equipamento é necessário investir em treinamento da mão-de-obra.

Pressão de Trabalho

A pressão de trabalho pode ser expressa em diversas unidades ($1 \text{ bar} = 100 \text{ kPa} = 15 \text{ psi} = 14,22 \text{ lb pol}^{-2}$), sendo a unidade internacionalmente aceita a kPa. Embora, as pressões expressas em lb pol^{-2} e bar são mais usadas no Brasil, a nível de produtores.

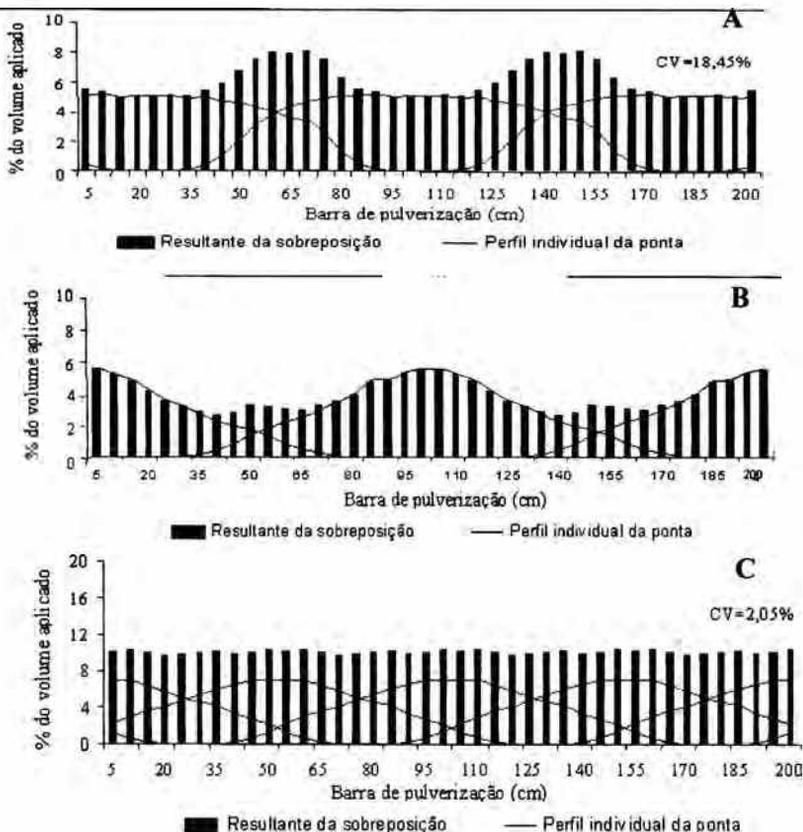


Figura 12. Baixa uniformidade de distribuição devido ao uso de pontas de pulverização com padrão de deposição contínuo na da barra, com sobreposição(A); baixa uniformidade de distribuição em função da falta de sobreposição (B); uniformidade de distribuição adequada (C).

A pressão de trabalho usada na aplicação de herbicidas por meio de pulverização deve ser em função da recomendação do fabricante da ponta de pulverização utilizada, que normalmente, é 200 a 400 kPa, embora algumas pontas possam trabalhar à pressões menores ou maiores. O aumento da pressão de trabalho resulta no aumento da vazão. Entretanto, esse não é um bom artifício para aumentar o volume de calda aplicado, pois para dobrar a vazão de uma

ponta de pulverização é necessário quadruplicar a pressão, o que significa reduzir muito o tamanho das gotas, tornando-as mais propensas à deriva e evaporação.

Infelizmente, têm se observado que a pressão utilizada, na maioria das vezes, excede à necessária, causando perdas por deriva e evaporação e danos ao meio ambiente e à saúde do homem. É comum encontrar pulverizadores sem sistemas de reguladores e medidores de pressão, outras vezes o pulverizador tem o manômetro, mas, ele não funciona.

A pressão de pulverização deve ser a especificada no catálogo do fabricante da ponta de pulverização, exceto se houver alguma indicação complementar por trabalho de pesquisa.

Volume de calda

O volume de calda ou volume de aplicação depende de vários fatores interligados, como a cobertura desejada, tipo de produto a ser aplicado, tipo de alvo, tamanho de gotas e equipamento utilizado para aplicação. A tendência atual é a utilização de menor volume de calda, devido ao alto custo do transporte de água ao campo e a perda do tempo representada pelas constantes paradas para reabastecimento do pulverizador, principalmente, em áreas montanhosas e quando se utiliza pulverizadores cujos tanques possuem baixa capacidade de armazenamento. Também, o menor volume de calda é importante quando a água não é de boa qualidade (presença de sais minerais). Nesse caso, quanto maior o volume de calda, maior será a quantidade de sais minerais e, conseqüentemente, maior será a interferência negativa na qualidade da aplicação.

Para herbicidas sistêmicos aplicados em pós-emergência e herbicidas aplicados em pré-emergência, que não necessitam de grande cobertura, o uso de pontas de pulverização de baixa vazão associada grandes ângulos de aber-

tura do jato, que produzem gotas grossas, é uma alternativa para a redução do volume aplicado, reduzindo perdas por deriva e aumentando o rendimento, através da redução do número de reabastecimentos e do aumento da faixa aplicada.

Furlanetti et al. (2001), avaliando combinações de pontas de pulverização em barra de aplicação dirigida para o herbicida glyphosate, verificaram que arranjos que proporcionaram volumes de calda reduzidos, inferiores a 100 L ha⁻¹, destacaram-se como mais eficientes. Outros trabalhos com volumes de calda menores têm proporcionado maior eficácia do glyphosate no controle de plantas daninhas (Carlson & Burnside, 1984; Mcwhorter & Hanks, 1993). Lima & Machado Neto (2001) verificaram que o herbicida fluazifop-p-butil foi igualmente eficiente no controle de gramíneas anuais na cultura da soja quando aplicado nos volumes de calda de 100 e 200 L ha⁻¹

Na aplicação da mistura de ametryn + sulfentrazone em pré-emergência na cultura da cana de açúcar com diversas pontas de pulverização, em diferentes pressões e espaçamento entre bicos, não foi verificada nenhuma diferença na eficiência da aplicação com volumes de calda entre 65 e 300 L ha⁻¹ (Tabela 4).

Já para os herbicidas de contato, aplicados em pós-emergência, que necessitam de maior cobertura, o volume de calda tende a ser maior. É recomendado usar pontas que produzem gotas médias, mais propensas à deriva, ou fazer uso de gotas maiores, com adição de surfatantes à calda, melhorando o espalhamento. Lembrando, que para aplicação de herbicidas não é recomendado usar gotas finas nem muito finas.

Tabela 4. Volume de calda e nível de controle de plantas daninhas em aplicação de ametryn + sulfentrazone em pré-emergência na cultura da cana-de-açúcar utilizando pontas de pulverização em diferentes condições operacionais (Dados do autor)

Ponta de pulverização	Pressão (kPa)	Espaç. entre bicos (m)	Volume de calda (L ha ⁻¹)	% controle
TT 02	100	1,0	65	95,0
TT 02	200	1,0	80	97,4
TT 02	100	0,5	130	95,0
TT 02	200	0,5	160	95,0
TF 02	100	1,0	110	92,4
TF 02	200	1,0	145	97,4
TF 02	100	0,7	157	97,4
TF 02	200	0,7	207	92,4
XR 11004	100	0,5	210	95,0
XR 11004	200	0,5	300	95,0

Souza & Dorneles (1995), avaliando os volumes de calda de 75, 150 e 250 L ha⁻¹ na aplicação de misturas de bentazon com os herbicidas acifluorfen, lactofen, fomesafen, imazethapyr, chlorimuron-ethyl, imazaquin e, também, da mistura chlorimuron-ethyl + acifluorfen, aplicados em pós-emergência na cultura da soja, constataram que não houve efeito do volume de calda no controle do leiteiro (*Euphorbia heterophylla*) e de guanxuma (*Sida* sp.). No entanto, melhores respostas foram verificadas a 75 e 150 L ha⁻¹ para o controle do picão-preto (*Bidens pilosa*).

A quantidade de herbicida a ser colocada no tanque do pulverizador deverá ser em função da dose recomendada pelo técnico que prescreveu a receita e do volume de calda aplicado, que é definido através da calibração do pulverizador.

Condições Ambientais na Aplicação de Defensivos Agrícolas

Muitos são os fatores que podem contribuir para o sucesso ou fracasso na aplicação dos herbicidas. Dentre esses fatores, a observação das condições climáticas é fundamental para a decisão de iniciar ou paralisar uma pulverização.

A ocorrência de chuva após a aplicação pode comprometer a eficácia de alguns herbicidas. O intervalo necessário entre a aplicação e ocorrência de chuvas, varia de um produto para outro, podendo, inclusive, variar de uma formulação para outra para um mesmo ingrediente ativo. Assim, antes de iniciar uma aplicação, deve-se verificar na bula do produto se há alguma recomendação com referência à ocorrência de chuvas.

O vento é o fator meteorológico mais importante na aplicação de herbicidas. O aumento da velocidade do vento aumenta a deriva, portanto as pulverizações devem ser, preferencialmente, realizadas em horários com menos vento, geralmente no início da manhã e final da tarde. A condição mais segura para pulverização é com o vento de 3,2 a 6,5 km/h, que corresponde a uma brisa leve, capaz de movimentar apenas levemente as folhas. A direção do vento deve ser considerada mesmo se a velocidade estiver dentro do aceitável, de modo a evitar danos causados às culturas vizinhas, ao meio ambiente e ao operador.

A temperatura e umidade do ar, também, influenciam a eficácia das pulverizações. Em condições de temperaturas acima de 25 °C, com baixa umidade relativa, as gotas pequenas são propensas à deriva, devido ao efeito da volatilização. Nestas circunstâncias, deve-se aumentar o tamanho da gota ou suspender a aplicação, para evitar grandes perdas por evaporação.

Tabela 5. Tempo de “vida” e distância percorrida pela gota de água na queda, em duas condições de temperatura e umidade relativa.

Condição	Condição 1		Condição 2	
Temperat. (°C)	20		30	
T(°C)	2,2		7,7	
Umid. relativa (%)	80		50	
Diâmetro inicial (m)	Tempo até extinção (seg)	Distância da queda (m)	Tempo até extinção (seg)	Distância da queda (m)
50	14	0,127	4	0,032
100	57	6,7	16	1,8
200	227	81,7	65	21

Fonte: Matuo et al (2002)

A rápida evaporação da água afeta em muito a qualidade da pulverização. O tempo de “vida” de uma gota depende do seu tamanho e das condições ambientais (Tabela 5), conforme pode ser observado na fórmula:

$$T = d^2/80 T$$

onde, t = tempo de “vida” da gota (seg); d = diâmetro da gota (µm); T = diferença de temperatura (°C) entre os termômetros de bulbo seco e bulbo úmido de psicrômetro.

De modo geral, os períodos da manhã, bem cedo, no final da tarde e início da noite são os mais indicados para a aplicação de herbicidas, apresentando condições satisfatórias de ventos, temperatura e umidade relativa do ar. No entanto, não é a hora que influi na eficiência da aplicação, sim as condições ambientais.

Avaliação dos Pulverizadores antes do Início das Operações

Os pulverizadores devem ser avaliados visando identificar todos os componentes que não estejam atendendo aos parâmetros de operação, como pontas de pulverização desgastadas, danificadas ou entupidas, mangueiras furadas, dobradas ou localizadas entre a projeção do jato de pulverização e o alvo, filtros obstruídos ou danificados, funcionamento do comando regulador de pressão, do manômetro e outros componentes.

Referências Bibliográficas

BAUER, F. C.; RAETANO, C. G. Distribuição volumétrica de calda produzida pelas pontas de pulverização XR, TP e TJ sob diferentes condições operacionais. **Planta Daninha**, Campinas, v. 22, n. 2, p. 275-284, 2004.

CARLSON, K. L.; BURNSIDE, O. C. Comparative phytotoxicity of glyphosate, SC-0224, SC-0545, and HOE-0661. **Weed Science**, Ithaca, v. 32, p. 841-844, 1984.

CORDEIRO, A. M. C. Como a tecnologia de aplicação de produtos fitossanitários pode contribuir para o controle de pragas, doenças e plantas daninhas. In: ZAMBOLIM, L. **Manejo integrado: Fitossanidade, cultivo protegido, pivô central e plantio direto**. Viçosa-MG: UFV, 2001. p. 683-721.

COURSHEE, R. J. Application and use of foliar fungicides. TORGESON, D. C. (Ed.). **Fungicide- An advance treatise**. New Yoirk: Academic Press, 1967. p. 239-286.

FERREIRA, L. R.; MACHADO A. F. L.; FERREIRA, F. A. Tecnologia de aplicação de herbicidas: In: SILVA, A .A.; SILVA, J. F. **Tópicos em manejo de plantas daninhas**. Viçosa-MG: UFV, 2007. p. 325-347

FREITAS, F. C. L.; TEIXEIRA, M. M.; FERREIRA, L. R.; FERREIRA, F. A.; MACHADO, A. F. L.; VIANA, R. G. Distribuição volumétrica de pontas de pulverização turbo teejet 11002 em diferentes condições operacionais. **Planta Daninha**, Campinas, v. 23, n. 1, p. 161-167, 2005.

FREITAS, F. C. L.; FERREIRA, L. R. Técnicas para aplicação de herbicidas. In: FREITAS, F.C.L. et al. SIMPÓSIO SOBRE MANEJO DE PLANTAS DANINHAS NO SEMI-ÁRIDO, 1.; 2007, Mossoró. **Palestras ... Mossoró: UFERSA, 2007.** p. 225-252. Editado por Francisco Cláudio Lopes de Freitas, Décio Karam, Odaci Fernandes de Oliveira e Sergio de Oliveira Procópio.

FURLANETTI, A. C.; MATUO, T.; BARBOSA, J. C. Uniformidade de deposição da calda de pulverização de herbicidas em barra lateral protegida com diferentes combinações de pontas de pulverização. **Planta Daninha**, Campinas, v. 19, n. 3, p. 445-455, 2001.

<http://www.sindag.com.br/upload/vendas-classes04-usporcentagem.xls>. Consulta em 25-09-2007

LIMA, P. R. F.; MACHADO NETO, J. G. Otimização da aplicação de fluazifop-p-butil em pós-emergência na cultura da soja (*Glycine max*). **Planta Daninha**, Campinas, v. 19, n. 1, p. 85-95, 2001.

MATUO, T; PIO, L. C.; RAMOS, H. H. Tecnologia de aplicação dos agroquímicos e equipamentos. In: ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE ENSINO SUPERIOR (ABEAS). **Curso de proteção de plantas**, Brasília: ABEAS, 2002. 91 p. (Curso de Especialização por Tutoria a Distância. Módulo 2).

McWHORTER, C. G.; HENKS, J. E. Effect of spray volume and pressure on postemergence johnsongrass (*Sorghum halepense*) control. **Weed Technology**, Champaign, v. 7, p. 304-310, 1993.

SOUZA, R. O.; DORNELES, S. H. B. Influência do volume de calda na mistura de herbicidas pós-emergente na soja (*Glicine max* (L.) Merrill). In: CONGRESSO BRASILEIRO DE HERBICIDAS E PLANTAS DANINHAS, 20., 1995, Florianópolis. **Palestras...** Florianópolis: SBCPD, 1995. p. 41.

SPRAYING SYSTEMS CO. **Produtos de pulverização para agricultura.** Wheaton, 2006. 176 p.

TOSCANO, L. F. Agricultura familiar e seu grande desafio. **Diário de Votuporanga**, v. 50, n. 12.769, p. 2, out. 2003.. Disponível em: <http://www.agr.feis.unesp.br/dv09102003.htm>

Avanços Tecnológicos em Equipamentos para Aplicação de Herbicidas

Ulisses R. Antuniassi¹

¹FCA/UNESP - Departamento de Engenharia Rural - R. José Barbosa de Barros 1780 - Fazenda Lageado - Botucatu/SP - Brasil - CEP 18610-307.
ulisses@fca.unesp.br

Introdução

Nos últimos anos, o avanço tecnológico no setor de equipamentos para aplicação de herbicidas se concentrou nas áreas de eletrônica embarcada e tecnologia de aplicação. Os sistemas eletrônicos desenvolvidos na interface entre a tecnologia de aplicação e a agricultura de precisão representam uma tendência tecnológica para racionalização de doses e redução global das quantidades de herbicidas aplicados. No caso da tecnologia de aplicação, grande destaque tem sido dado às questões de redução de deriva e melhoria da eficiência na distribuição das gotas sobre os alvos.

Aplicação localizada de herbicidas

A aplicação localizada de herbicidas compreende três etapas: coleta de dados (mapeamento), interpretação dos mapas (sistemas para suporte a decisão) e aplicação localizada. No caso do controle de plantas daninhas, o sistema pode ser iniciado pelo mapeamento dos fatores ligados às plantas daninhas, à cultura e ao solo. Nesta etapa são utilizados coletores de dados dotados de um sistema de posicionamento global (GPS). A seguir, utilizando-se um sistema de informações geográficas (SIG) e os conceitos básicos da geoestatística, estas informações são transformadas em mapas de atributos, os quais fornecem uma visualização espacial da variabilidade dos fatores que irão interferir na decisão quanto às características do método de controle a ser utilizado. Na segunda etapa ocorre o planejamento da aplicação dos herbicidas, baseando-se na in-

interpretação dos mapas de atributos. Nesta fase, torna-se muito importante a análise da evolução e do comportamento desses fatores ao longo do tempo (variabilidade temporal), além do profundo conhecimento agrônomo para as recomendações de aplicação. Tal planejamento resulta nos mapas de aplicação (mapas de tratamentos), os quais serão interpretados pelos controladores eletrônicos das máquinas de aplicação na terceira fase (aplicação localizada dos herbicidas). Durante a aplicação, o GPS fornece a posição das máquinas no campo e, de acordo com os mapas de aplicação, as mesmas aplicam somente a quantidade necessária dos produtos de acordo com os locais planejados.

Conceitualmente, duas metodologias podem ser utilizadas para a determinação do posicionamento dos alvos. A primeira opção considera a detecção do alvo e controle da aplicação em um sistema "on-line", onde o equipamento se desloca sobre o campo de aplicação, os alvos vão sendo identificados através de sensores e a aplicação é realizada somente sobre as áreas desejadas, em uma única operação. A outra opção compreende a coleta de informações para a elaboração de mapas georeferenciados dos alvos, os quais são processados com o auxílio de sistemas de suporte a decisão, gerando os mapas de tratamento. Na seqüência, tais mapas são utilizados pelo sistema de controle do equipamento aplicador para comandar a distribuição localizada dos herbicidas.

A detecção instantânea ("on-line") das plantas é um dos conceitos propostos para a aplicação localizada dos herbicidas. Duas são as possibilidades para a detecção das plantas. A primeira tecnologia utiliza sensores óticos que identificam as diferenças na reflexão da luz pelas diversas superfícies encontradas nas áreas agrícolas, como as plantas daninhas, a cultura, os restos vegetais, o solo, etc. Através de sistemas de controle eletrônico, a aplicação é variada onde esta reflexão indicar a presença de determinados alvos. Outra opção para a detecção e identificação dos alvos é a análise instantânea de imagens. Neste caso, ima-

gens de uma câmera de vídeo são processadas para possibilitar a identificação imediata de alvos, informando ao sistema de controle do pulverizador sobre sua presença e localização. Esta tecnologia está sendo utilizada como base para o desenvolvimento de sistemas robóticos com deslocamento autônomo no campo para aplicação localizada dos herbicidas.

Se a opção tecnológica for o mapeamento prévio dos alvos, a coleta dos dados pode ser realizada em diferentes fases da cultura, através do levantamento da infestação e suas características, utilizando-se um coletor de dados acoplado ao GPS. O mapa das plantas daninhas ou de outros atributos é processado posteriormente para a elaboração dos mapas de tratamentos, os quais representam as recomendações de controle distribuídas espacialmente no campo. Durante a aplicação, o computador de bordo do pulverizador determina o posicionamento atual da máquina (via GPS) e identifica no mapa o tratamento recomendado para esta posição, controlando e variando a dose ao longo do deslocamento pelo campo.

Diversas tecnologias foram desenvolvidas no que se refere à coleta dos dados sobre as plantas daninhas. O sistema mais comum corresponde ao uso de um palm-top acoplado ao GPS. Este conjunto permite o levantamento de informações qualitativas e quantitativas da infestação através do caminhar prévio nas áreas de aplicação. Apesar de adequado e preciso para pequenas áreas, o sistema de caminhar autônomo pode se tornar inviável para grandes áreas de produção. Nestes casos, a coleta de informações pode ser realizada em conjunto com outras atividades mecanizadas, como a colheita, por exemplo. Assim, enquanto a máquina se desloca pelo campo na operação de colheita, um observador postado na máquina pode ir registrando os eventos relacionados ao mapeamento da infestação. Este sistema tem grande utilidade para o mapeamento das manchas de plantas daninhas que infestam sistematicamente a cultura. A análise e processamento

de imagens é outra opção que pode ser usada como base de dados para a elaboração de mapas plantas daninhas. Para tanto, imagens podem ser obtidas através de processos usuais de fotografia aérea, ou ainda pelo uso de aeromodelos radiocontrolados, balões ou ultraleves. A imagem, que pode ser convencional, infra-vermelho, multiespectral, etc, é usada como base para a análise da infestação e elaboração dos mapas das manchas de plantas daninhas em diferentes etapas da cultura.

Dependendo dos objetivos e do planejamento da aplicação de herbicidas, os mapas de tratamentos podem ser elaborados levando-se em conta aspectos quantitativos e qualitativos da infestação. De maneira geral, a elaboração de um mapa de tratamentos (aplicação) baseado em mapas de plantas daninhas deve considerar inúmeros fatores. Além do histórico e evolução da infestação na área ao longo do tempo, fatores como variabilidade espacial do solo, cobertura vegetal, matéria orgânica, entre outros, devem ser estudados criteriosamente. Ainda, o processo de tomada de decisão na criação de um mapa de aplicação deve levar em conta os erros do sistema de posicionamento, a acurácia do mapeamento dos alvos, a movimentação das manchas de plantas ao longo do tempo e as características de desempenho do equipamento de aplicação (tempo de resposta, velocidade, tamanho da barra, etc.).

Os pulverizadores usados na aplicação localizada de herbicidas são equipamentos que apresentam elevado grau de sofisticação. O sistema de pulverização precisa ser controlado por um computador central, onde estão armazenadas as informações sobre os locais nos quais devem ser realizadas as aplicações, além das doses recomendadas (mapas de tratamentos). Além conter e interpretar o mapa, a central de controle deve ser capaz de processar em tempo real (instantaneamente) os dados de posicionamento geográfico recebidos do DGPS. Isto permite a definição precisa da posição atual do pulverizador no campo, para que se

possa realizar a aplicação localizada e a variação de doses ou produtos.

A aplicação localizada de defensivos pode contemplar a variação tanto da dose de defensivo quanto do volume de calda aplicada. A variação da dose de maneira independente do volume aplicado (variação da concentração da calda) é realizada através do uso de sistemas de injeção de defensivos. O princípio básico destes sistemas está relacionado ao armazenamento do defensivo e do diluente em recipientes separados, realizando-se a mistura somente no momento da aplicação, através da injeção do defensivo na tubulação que leva a calda aos bicos. Nestes equipamentos, a definição da quantidade de defensivo injetado pode ser realizada, entre outras maneiras, através do controle da rotação das bombas de injeção. A intensidade do fluxo de injeção leva em consideração fatores como velocidade de deslocamento, largura das barras ativas, volume de calda aplicada, dose desejada, etc. Esta tecnologia permite variações na dose (litros ou kg/ha) mantendo-se constante o volume total da aplicação. Cabe ressaltar que o uso de sistemas de injeção apresenta outras vantagens, principalmente no que se refere à segurança ambiental. A inexistência da mistura no tanque reduz consideravelmente os riscos de contaminação do operador e do próprio ambiente, pois as operações de preparo da calda, lavagem e descontaminação do tanque são simplificadas ou eliminadas. De maneira geral, as características técnicas dos equipamentos de injeção possibilitam grande versatilidade de uso para agricultura de precisão e serviços de terceirização de aplicação. Assim, a aplicação pode ser planejada para a utilização de dois ou mais tipos de herbicida ao mesmo tempo, quando o pulverizador possui mais de uma linha de injeção. Outra característica importante é a rapidez e a segurança na troca do produto que está sendo aplicado, facilitando a logística da aplicação e do deslocamento da máquina no campo.

A opção de variação da quantidade de defensivo aplicado, através da variação de volume total de calda (man-

tendo-se a concentração constante), dispensa o uso dos sistemas de injeção. Para se garantir certo padrão de qualidade da aplicação (tamanho das gotas), a simples variação da pressão em bicos hidráulicos pode resultar numa flexibilidade de no máximo 20% do volume aplicado. Assim, torna-se indispensável a utilização de outros recursos para permitir a variação do volume total aplicado, como, por exemplo, o uso de múltiplos bicos ou barras de pulverização. Nestes sistemas, na medida em que o pulverizador vai se deslocando no campo, a variação do volume aplicado é realizada pela utilização isolada ou em conjunto de bicos com diferentes vazões, o que possibilita a variação do volume total aplicado.

Tecnologia de aplicação

O avanço no desenvolvimento da tecnologia de aplicação vem permitindo, atualmente, o uso de aplicações com volumes cada vez menores, sem que haja prejuízo ao desempenho do controle das plantas daninhas. As diversas famílias de pontas hidráulicas oferecem opções variadas dentro das classes de tamanho de gotas, desde aquelas direcionadas ao controle do risco de deriva (indução de ar e pré-orifício) até aos modelos cujo objetivo é maximizar a cobertura dos alvos (jato plano duplo ou cone). Ainda, os acessórios que permitem a aplicação simultânea com mais de uma ponta em cada posição na barra (tipo Twin Cap) oferecem a flexibilidade necessária para a adequação do tamanho de gotas às necessidades de cada momento da aplicação, aliada a angulação das pontas para obtenção de melhor distribuição da calda. Os pulverizadores de barras podem ser também equipados com sistemas eletrostáticos, assistência de ar ou mesmo atomizadores rotativos, aumentando ainda mais a disponibilidade de opções para a melhor adequação da técnica de aplicação com os requisitos de cada tipo de trabalho.

A escolha de um sistema de aplicação deve ser pautada na avaliação das características de cada alvo e nos

parâmetros de desempenho esperado de cada tecnologia. Como exemplos, a aplicação de herbicidas pós-emergentes de grande ação sistêmica (como o glifosate) pode ser realizada com pontas de indução de ar ou pré-orifício, buscando-se reduzir ao máximo o risco de deriva, enquanto os jatos planos duplos podem ser utilizados para as aplicações de gotas finas no caso de produtos que necessitem de maior cobertura dos alvos.

A aplicação eletrostática é uma opção para a viabilização de baixos volumes, reduzindo o risco de deriva de gotas mais finas e melhorando a deposição destas gotas nas folhas das plantas. No caso das barras com assistência de ar, seu uso possibilita a aplicação de gotas finas ou muito finas em condições climáticas menos favoráveis, reduzindo o risco de deriva. Ainda, quando a vegetação encontra-se com grande enfolhamento, a assistência de ar pode ajudar na capacidade de penetração da pulverização e na redistribuição das gotas por entre as folhas. A aplicação com pulverizadores de barras em baixo volume também foi beneficiada com o desenvolvimento dos atomizadores rotativos para equipamentos terrestres, os quais proporcionam espectro de gotas com menor variação do que os bicos hidráulicos convencionais, melhorando ainda mais o desempenho quando da utilização de volumes reduzidos.

Capítulo 13

*Manejo de Plantas Daninhas em Sistemas
Agroecológicos*

Pontos de Vista da Extensão Rural sobre o Manejo de Plantas Daninhas em Sistemas Agroecológicos

*Fernando Cassimiro Tinoco França*¹

¹Emater MG – Av. Raja Gabáglia 1626 Luxemburgo – 6º andar –
30350-540, Belo Horizonte, MG.

Introdução

Agroecologia é uma ciência que fornece os princípios ecológicos básicos para estudar, desenhar e manejar agroecossistemas produtivos, que conservem os recursos naturais, que sejam culturalmente apropriados, socialmente justos e economicamente viáveis”.

Para sintetizar, podemos dizer que a Agroecologia é um enfoque científico que oferece os princípios e as metodologias para apoiar a transição do atual modelo de desenvolvimento rural e de agriculturas convencionais, para estilos de desenvolvimento rural e de agricultura sustentáveis, buscando, num horizonte temporal, a construção de novos saberes socioambientais que alimentem um processo de transição agroecológica.

Esta transição da agricultura convencional para agriculturas sustentáveis ocorre mediante um processo gradual de mudanças, nas formas de manejo dos agroecossistemas, num processo que será contínuo e multilinear, no qual vão sendo apropriados e incorporados novos princípios, métodos, práticas e tecnologias, que levem à construção de agriculturas de base ecológica e ao redesenho dos agroecossistemas, para assegurar patamares mais adequados de sustentabilidade em todas as suas dimensões. Não obstante, na prática cotidiana podemos encontrar situações muito diferenciadas, inclusive em relação a especificidades étnicas, sociais, de gênero, de raça, econômicas, etc., presentes em uma certa realidade, o que pode levar à necessidade de relativizar certos caminhos e adotar rumos mais apropriados para esta situação real, sem perder de vista que

o caminho deve levar à construção de agriculturas sustentáveis.

Práticas agroecológicas

A Agroecologia concretiza um esforço de construção de modelos de agriculturas e de sociedade onde não haja custos socioculturais, ambientais e econômicos ocultos. Dessa forma, a Agroecologia se constitui numa realidade concreta de construção de um novo conhecimento que parte da integração entre a biodiversidade ecológica e a sociedade sociocultural local, dos saberes dos agricultores e dos técnicos envolvidos no processo de desenvolvimento. Compreendida dessa forma, a Agroecologia supera o conceito de extensão na medida em que as ações dos técnicos se dá pelo diálogo, respeito a cultura e a visão de mundo dos agricultores.

Portanto, visando o manejo de plantas daninhas, a Agroecologia tem o propósito de buscar alternativas sustentáveis e ecologicamente corretas para as mais diversas culturas visando manter a biodiversidade, a redução e, até mesmo a eliminação do uso de agrotóxicos. Como práticas alternativas sustentáveis no controle de plantas daninhas podemos citar:

Consórcio cultura x plantas daninhas com manejo mecânico (roçadeiras - manual e tratorizada); uso de leguminosas e seus efeitos alelopáticos; uso de herbicidas de forma localizada em culturas perenes e, com o tempo há a formação de cobertura morta, que poderá eliminar o uso desses herbicidas; utilização de cobertura morta, proveniente da vegetação local e/ou introdução de palhadas; uso de secantes naturais.

Utilizando-se as plantas existentes na localidade e/ou introduzindo novas espécies, à exemplo das leguminosas, conseqüentemente, teremos a curto e médio prazo, uma boa produção de biomassa (palhadas), proporcionado uma

melhor proteção do solo à incidência dos raios solares, aumentando a umidade do solo e o abastecimento do lençol freático, diminuição da perda de solo pela ação das chuvas e, oferta de uma boa adubação química e orgânica, diminuindo assim os custos de produção. A formação de palhada também traz um aumento de pH e da CTC – efetiva. Diminui o Al tóxico, devido à adsorção do H⁺ (mineralização da M.O.) e aumenta a vida microbiana, equilibrando os fungos e as bactérias benéficas do solo. Além do mais, a produção de palhada trará uma maior eficiência no uso dos fertilizantes, pôr termos uma maior formação de raízes no sistema e uma melhor absorção dos macro e micro nutrientes. O solo passa assim a ter uma textura mais leve, se tornando menos denso.

Especial atenção deve ser dada às leguminosas, que junto com a vegetação nativa, irá promover o fornecimento do Nitrogênio, além de outros nutrientes, através da fixação biológica, melhorando o aspecto físico e químico o solo.

Em resumo, podemos concluir que, nos sistemas de produção Agroecológicos, um bom manejo do mato e da matéria orgânica, irão proporcionar:

- Regeneração e preservação do solo;
- Menor utilização de herbicidas e até mesmo a sua eliminação;
- Formação contínua de camadas de Matéria Orgânica;
- Aumento da vida microbiana (principalmente bactérias e fungos) do solo;
- Melhoria da fertilidade do solo e nutrição das plantas, devido à maior absorção dos macro e micronutrientes;
- Aumento da produção de massa seca;

- Controle do pH na rizosfera;
- Melhoria da eficiência da calagem superficial (a M.O. proporciona maior mobilidade de calcário - Ca e Mg - até a profundidade de 60 cm);
- Maior benefício químico (diminuição da pH, da CTC-efetiva e do Al);
- Maior eficiência dos fertilizantes químicos, principalmente pela maior formação de raízes superficiais;
- Diminuição das perdas de solo por lixiviação e erosão;
- Redução da evaporação da umidade do solo pela formação da biomassa;
- Melhoria do sistema de defesa da planta;
- Diminuição do custo de produção

Alternativas de Controle de Plantas Daninhas em Grandes Culturas

Alexandre Magno Brighenti¹; Gustavo Martins Stroppa²

¹Pesquisador Embrapa Gado de Leite, Rua Eugênio do Nascimento, nº 610, Bairro Dom Bosco, Juiz de Fora, MG. brighent@cnpqgl.embrapa.br

²Estagiário Embrapa Gado de Leite / Graduando do Curso de Ciências Biológicas do Centro de Ensino Superior de Juiz de Fora- Campus Estrela Sul: Av. Luz Interior nº 345, Bairro Estrela Sul, Juiz de Fora, MG.

As práticas intensivas de manejo empregadas na agricultura convencional têm levado, de modo geral, a obtenção de altas produtividades. Porém, alguns questionamentos têm sido levantados, principalmente no que diz respeito a preservação ambiental e a produção de alimentos saudáveis (Kathounian, 2001; Garcia, 2003). Nesse contexto, tecnologias alternativas de manejo dos agroecossistemas são bem aceitas a fim de garantir a sustentabilidade dos sistemas de produção de alimentos, tendo como consequência a redução dos custos de produção e do impacto ambiental da cadeia produtiva.

Um dos maiores desafios na produção de alimentos é o manejo de espécies daninhas, sendo a prática mais comum de eliminação dessas espécies o emprego do controle químico por meio da aplicação de herbicidas. Contudo, vários aspectos devem ser levados em consideração tais como o impacto desses produtos ao meio ambiente, o efeito deles sobre a saúde humana, em função dos prováveis resíduos nos alimentos, a segurança do aplicador, a contaminação do solo e da água. Esse fato incita a pesquisa em desenvolver novos estudos que venham contribuir na mitigação ou, até mesmo, na eliminação dos efeitos nocivos do controle químico.

O uso da cobertura do solo com o intuito de reduzir a densidade de plantas daninhas é conhecido desde os impérios chinês e romano. Eram utilizadas pedras, galhos de árvores e de arbustos e folhas como cobertura dos solos no

intuito de evitar a emergência e o estabelecimento das populações de plantas daninhas. O controle manual e o mecânico de plantas daninhas foram utilizados no passado e permanecem até os dias atuais, porém quando grandes áreas são cultivadas, são pouco eficazes e de baixo rendimento. Os estudos voltados à alelopatia e ao controle biológico de plantas daninhas também merecem destaque, porém são muito específicos para determinadas espécies infestantes e ainda incipientes no que tange a sua praticabilidade em grande escala. O uso de coberturas mortas no sistema de semeadura direta também promovem resultados satisfatórios, pois reduz de forma substancial a infestação de plantas daninhas, principalmente as espécies anuais (VIDAL et al., 1998).

Outra prática que vem ganhando espaço é o controle cultural de espécies daninhas, ou seja, dar condições para que a própria planta cultivada exerça supressão da comunidade de espécies daninhas e sobressaia na competição. Na cultura do milho e do girassol, por exemplo, os espaçamentos entrelinhas dessas culturas mais empregados variam de 0,70 a 1,0 m. Porém, espaçamentos menores como 0,45 - 0,50 m têm sido empregados. Nessa condição, há um fechamento mais rápido das entrelinhas, sombreando o solo e dificultando a germinação e o estabelecimento das espécies daninhas. Também a opção por cultivares mais bem adaptadas, de maior arranque inicial de crescimento, maior produção de fitomassa, maior índice de área folhear, maior porte e melhor arquitetura da parte aérea possibilita o melhor estabelecimento da plantas cultivadas em detrimento ao da população de espécies daninhas, garantindo uma melhor competitividade.

A integração lavoura-pecuária-floresta também é uma ferramenta potencial na redução da população de espécies daninhas. Áreas de lavouras onde se introduzem espécies forrageiras e além delas o componente arbóreo há uma redução significativa da população de espécies daninhas.

Estudos recentes foram desenvolvidos pela Embrapa Soja a fim de avaliar alternativas de manejo de plantas daninhas na cultura da soja. O controle mecânico dessas espécies foi avaliado no sistema de semeadura direta da soja em Londrina, PR, utilizando um equipamento denominado roçadeira articulada (Figura 1).



Figura 1. Roçadeira articulada eliminando as plantas daninhas nas entrelinhas da cultura da soja.

Esse implemento agrícola possui seis linhas, sendo cada linha composta por uma pequena roçadeira, com três facas, que elimina as espécies daninhas somente nas entrelinhas das culturas (Figura 2).

As espécies daninhas de folhas largas avaliadas nesse estudo (picão-preto e amendoim-bravo), por terem o pontos de crescimento em locais capazes de serem eliminados por esse implemento, foram controladas de forma eficaz, dificultando a rebrota. Contudo, as espécies de folhas estreitas presentes, principalmente o capim-marmelada, foi eliminado acima do ponto de crescimento da espécie, o que facilitou a rebrota e o estabelecimento da população. Assim, em situações de predominância de espécies daninhas gramíneas (*B. plantaginea* e *Digitaria* ssp) a roçadeira articulada não é eficaz; por outro lado, em situações onde

há predominância de espécies dicotiledôneas (*Bidens* spp., e *Euphorbia heterophylla*) e, em densidades de infestação média a baixa, o equipamento realiza controle satisfatório (Brighenti et al., 2007a).



Figura 2. Componente da roçadeira articulada com acoplamento das três facas.

Outros estudos foram desenvolvidos também pela Embrapa Soja, no município de São Miguel do Iguçu, PR, com o objetivo de avaliar o controle de plantas daninhas na cultura da soja por meio de descarga elétrica. O equipamento testado é acoplado à tomada de força do trator, gerando eletricidade (Figura 3).



Figura 3. Equipamento capaz de produzir descarga elétrica a partir da rotação da tomada de força do trator e eliminar as espécies daninhas. Barra na dianteira para dessecção pré-semeadura (A). Área não dessecada-testemunha (esquerda) e área dessecada (direita) (B).

A descarga elétrica, ao atingir as espécies daninhas, provoca alteração na fisiologia das plantas de forma irreversível, as quais murcham e morrem em pouco tempo. O equipamento também possui campânulas de aplicação, dispostas em uma barra, acoplada perpendicularmente à parte central do trator, de forma a facilitar o balizamento pelo operador (Figura 4).



Figura 4. Campânulas de aplicação, dispostas em uma barra, acoplada perpendicularmente à parte central do trator.

O controle das plantas daninhas é realizado apenas nas entrelinhas das culturas (Figura 5).



Figura 5. Linha central não aplicada (infestação de picão-preto) e laterais direita e esquerda aplicadas.

Nesses estudos fixou-se as voltagens do equipamento em 4400 e 6800 vóltz, variando apenas a rotação do motor do trator. O emprego de descarga elétrica foi eficiente no controle das plantas espontâneas da cultura da soja. A rotação 2200 rpm proporcionou o melhor controle (Figura 6) e, conseqüentemente, a maior produtividade da cultura (Tabela 1) (Brighenti et al., 2007b).



Figura 6. Câmbios de aplicação, dispostos em uma das laterais, aplicando a descarga elétrica na parte central do trator.

Tabela 1. Percentagem de controle de plantas daninhas a 1 (um) e 20 dias após a aplicação dos tratamentos (DAT), fitomassa seca de plantas daninhas (g/0,25 m²) e produtividade da cultura da soja (kg/ha), em função dos tratamentos.

Tratamentos	Controle		Fitomassa seca	Produtividade
	1 DAT	20 DAT		
2200 rpm	86,0 b	90,0 ab	125,8 bc	2337,8 b
2000 rpm	84,5 b	87,5 bc	150,0 bc	1403,9 c
1600 rpm	75,7 b	77,5 c	240,1 ab	1086,5 c
Testemunha capinada	100,0 a	100,0 a	39,4 c	2899,1 a
Testemunha sem capina	0,0 c	0,0 d	289,5 a	574,3 d



Figura 6. Controle de plantas daninhas na cultura da soja utilizando a rotação 2200 rpp e voltagem de 6800 vltz (A) e testemunha sem capinada (B).

A utilização de um único método de controle de plantas daninhas, por si só, não possibilita um manejo eficaz dessas espécies. Entretanto, a busca por novas técnicas e a agregação dessas práticas, ou seja o manejo integrado de plantas daninhas, aplicado corretamente aos sistemas de produção, resultará em manejos mais eficientes, garantindo a preservação ambiental e a produção de alimentos mais saudáveis.

Palavras-chave: cultura da soja, controle mecânico, descarga elétrica, agroecologia

Referências

BRIGHENTI, A. M.; GAZZIERO, D. L. P.; VOLL, E.; ADEGAS, F. S. Controle de plantas daninhas em soja orgânica com uso da roçadeira articulada. In: REUNIÃO DE PESQUISA DE SOJA DA REGIÃO CENTRAL DO BRASIL, 29., 2007, Campo Grande. **Resumos...** Londrina: Embrapa Soja p. 202-204. (Embrapa Soja. Documentos, 287)

BRIGHENTI, A. M.; SOUZA SOBRINHO, F.; MARTINS, C. E.; ROCHA, W. S. D.; GAZZIERO, D. L. P.; VOLL, E. Manejo de plantas espontâneas em cultivos orgânicos de soja por meio de descarga elétrica. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE AGROECOLOGIA, 5., 2007, Guarapari. **Agroecologia e territórios sustentáveis.** [S.l.]: Aba Agroecologia, 2007. CD ROM

GARCIA, A. Cenário da soja orgânica no Brasil. In: CORRÊA-FERREIRA, B. S. **Soja Orgânica: Alternativas para o manejo de insetos-pragas.** Londrina: Embrapa Soja, 2003. 83 p.

KATHOUNIAN, C. A. **A reconstrução ecológica da agricultura.** Botucatu: Agroecológica, 2001. 348 p.

VIDAL, R. A.; THEISEN, G.; FLECK, N. G.; BAUMAN, T. T. Palha no sistema de semeadura direta reduz a infestação de gramíneas anuais e aumenta a produtividade da soja. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 28, n. 3, p. 373-377. 1998.

Manejo de Malezas y Registro de Herbicidas para la Producción de Hortalizas en Florida, Estados Unidos

Bielinski M. Santos, Ph.D.

Gulf Coast Research and Education Center, University of Florida, 14625
CR 672, Wimauma, Florida 33598, EE.UU.

bmsantos@ufl.edu; <http://gcrec.ifas.ufl.edu/SantosHortProgram/index.htm>.

Control de Malezas para la Producción de Hortalizas

En Florida, EE.UU., se siembran anualmente alrededor de 60 mil ha de tomate (*Lycopersicon esculentum*), pimiento (*Capsicum annuum*), sandía (*Citrullus lanatus*), pepino (*Cucumis sativus*), calabazas y calabacines (*Cucurbita pepo*), melones (*Cucumis melo*) y fresas (*Fragaria x ananassa*). Estos cultivos representan más de US\$1000 millones en ventas brutas. Estas especies de hortalizas son sembradas mayormente bajo tres sistemas de producción: a) siembras en camellones o camas de siembra abiertas, b) camas con coberturas plásticas ("mulch"), y c) siembras en invernaderos y túneles. En los tres casos, malezas gramíneas, ciperáceas y hojas anchas compiten por recursos esenciales de crecimiento (agua, nutrientes, luz y espacio) pudiendo causar pérdidas severas de rendimiento. Sin embargo, la naturaleza de la competencia de las malezas en los tres sistemas de producción es diferente debido a los cambios ambientales, edáficos y ecológicos que originados en cada sistema de producción.

En la producción con camas desnudas, donde no se utilizan coberturas plásticas en más de 10 mil ha, el uso integrado de métodos de control de malezas juega un papel esencial en el manejo de las mismas durante la temporada de siembra. Por ejemplo, en la producción de sandías se acostumbra a preparar el suelo de manera que no se remuevan

los bancos de semillas de malezas que se encuentran a más de 20 cm de profundidad para evitar aumentos en las poblaciones de malezas. A seguidas, se aplican herbicidas preemergentes que proveen control efectivo de la mayoría de las especies problemáticas, y finalmente durante la temporada se puede recurrir a dar un paso de cultivadora conjunto con la fertilización.

Cuando se usan coberturas plásticas, el suelo se inyecta con fumigantes de suelo en forma líquida o gaseosa para inhibir la germinación de semillas y otros órganos reproductivos de malezas. Hasta hace 10 años, el bromuro de metilo era el fumigante preferido para este método y proveía control efectivo de la mayoría de las malezas sin necesidad de usar herbicidas adicionales. Sin embargo, este material destruye el ozono atmosférico y ha sido sustituido por otros fumigantes como metam sodio, metam potasio, y la mezcla de 1,3-dicloropropeno y cloropicrín (1,3-D + Pic). Desgraciadamente, las alternativas al bromuro de metilo no controlan las malezas tan efectivamente, especialmente los coquillos (*Cyperus* spp.), los cuales son las malezas más problemáticas en cultivos con "mulch" debido a éstos pueden traspasarlo. Por esta razón, se recurre a complementar las fumigaciones con herbicidas preemergentes puedan ayudar en el control de malezas. En la tabla 1, se resumen los programas de control de malezas recomendados para algunos cultivos de importancia con "mulch" de alta retención en Florida.

Tabla 1. Resumen de programas de fumigación y herbicidas preemergentes para el control de malezas en hortalizas en Florida.

Cultivos	Fumigantes	Dosis (L/ha)	Herbicidas	Dosis (kg/ha)
Tomate	1,3-D + Pic	200-330	Halosulfuron	0.027
	1,3-D + Pic	200-330	Napropamida + S-metolaclor	2.28 + 1.45
	Metam sodio	715		
	Metam potasio	570		
Pimiento	1,3-D + Pic	200-330	Clomazone	1.14
	1,3-D + Pic	200-330	Napropamida + S-metolaclor	2.28 + 1.08
	Metam sodio	715		
	Metam potasio	570		
Fresa	1,3-D + Pic	200-330	Napropamida + oxifluorfen	2.28 + 0.57
	Metam sodio	715		
	Metam potasio	570		

Por otro lado, las malezas normalmente no revisten problemas de consideración en la producción de hortalizas en invernaderos. Sin embargo, en túneles con plantas sembradas en suelo, los herbicidas recomendados para campo abierto están normalmente disponibles para los productores.

Registro de Herbicidas para Hortalizas

En los EE.UU., el uso de pesticidas esta en parte regulado por la "Ley Federal para el Uso y Manejo de Insecticidas, Fungicidas y Rodenticidas" (FIFRA, en inglés), la cual establece los procedimientos para autorizar y monitorear el uso de plaguicidas en todo el país. En Florida, existen cuatro procedimientos a través de los cuales se obtienen para el uso de herbicidas en vegetales:

a) *Etiquetas de fabricantes:* El más convencional de todos los registros son las etiquetas de herbicidas de alcance nacional, las cuales contienen las reglas para el manejo y uso del producto, incluyendo dosis, volúmenes de

aplicación, riesgos de toxicidad, especies controladas, cultivos a aplicar y potenciales mezclas.

b) Permisos de emergencia bajo el artículo 18 de FIFRA: Estos autorizan a la Agencia de Protección Ambiental (EPA, en inglés) a otorgar permisos temporales de uso de herbicidas no registrados a estados o localidades específicas donde se ha determinado que hay una situación de emergencia con determinada maleza. Las asociaciones de productores son vitales para la consecución de estos permisos porque las mismas necesitan someter evidencia de que el uso de un herbicida determinado no causaría daños excesivos a los productores y de que el uso del mismo no sería una amenaza para el ambiente o la población. Este proceso puede tomar alrededor de 6 meses ya que la petición tiene que estar suficientemente documentada con estudios de tolerancia de cultivos, consideraciones de salud ambiental y humana, impacto económico y control de las malezas problema.

c) Permisos para necesidades locales bajo el artículo 24c de FIFRA: Estos autorizan a la EPA a expandir el uso de la etiqueta de ciertos herbicidas registrados para usos adicionales en ciertas localidades específicas. En este caso, se debe demostrar que el herbicida solicitado llenara una necesidad local, pero no requieren todos los estudios presentados en el caso anterior, ya que el producto está registrado para usos similares.

d) Registros a través de Terceras Partes (TPR, en inglés): Estos registros se deben a que frecuentemente un fabricante no desea asumir la obligación legal de registrar un producto para un área de siembra pequeña y sólo permiten el uso del producto bajo el entendido que el productor se

hace responsable del manejo del mismo. El primer paso en este proceso es normalmente la identificación del uso potencial del herbicida a través de los investigadores y extensionistas, quienes prueban el producto y verifican su efectividad contra la maleza problema. Cuando se tiene suficiente evidencia de eficacia, entonces se procede a estudiar la tolerancia residuos, seguido por la confección de la etiqueta de TPR del producto. Este método se ha convertido en una salida rápida para obtener permisos para usos de herbicidas en cultivos específicos, que de otra manera fueran extremadamente caros y poco rentables de registrar por los fabricantes.

4

Capítulo 14

*Manejo de Plantas Daninhas em Povoamentos
Florestais*

Sistemas Agroflorestais - Manejo de Plantas Daninhas

Sílvia Nolasco de Oliveira Neto¹; Leonardo David Tuffi Santos^{1};*

Lino Roberto Ferreira²; Francisco Affonso Ferreira²

¹Universidade Federal de Viçosa – Departamento de Engenharia Florestal, Av. P.H. Rolfs, s/n. Viçosa, MG, CEP: 36570-000, snolasco@ufv.br

²Universidade Federal de Viçosa – Departamento de Fitotecnia

(*Bolsista recém doutor), Av.P.H. Rolfs, s/n. Viçosa, MG,

CEP: 36570-000, ltuffi@yahoo.com.br, lroberto@ufv.br, faffonso@ufv.br

Introdução

Os sistemas agroflorestais são tecnologias de produção que buscam o uso mais eficiente dos recursos naturais, visando o aproveitamento das interações ecológicas e econômicas resultantes da combinação de árvores, ou arbustos, com culturas agrícolas, e, ou, pastagens e animais. Nas últimas décadas, estes sistemas têm despertado o interesse de técnicos e produtores rurais, tanto pelas interações ecológicas positivas possíveis de se alcançar, bem como pela possibilidade de diversificar a produção no meio rural. Dependendo dos objetivos do modelo de produção desejado, a diversificação através dos sistemas agroflorestais pode gerar diferentes composições estruturais, permitindo que os sistemas sejam classificados em sistemas agrissilvicultural (culturas agrícolas e árvores), silvipastoril (pastagem/animal e árvores) ou agrissilvipastoril (culturas agrícolas, pastagem/animal e árvores).

Estas diferentes composições, aliadas aos diferentes arranjos temporais e às diferentes espécies que podem compor cada um dos componentes dos sistemas agroflorestais, tornam estes sistemas, na maioria das vezes, diferenciados um dos outros e mais complexos que as monoculturas. Esta

condição pode, em determinados casos, dificultar o manejo dos mesmos e justifica a constante necessidade de se buscar informações que permitam melhor conhecer as variadas interações resultantes das composições dos sistemas agroflorestais de modo a auxiliar o planejamento, o manejo (Rao et al., 1998; García-Barrios & Ong, 2004) e a difusão de tecnologias agroflorestais (Montoya, 2004).

Além da busca de informações para compreensão das inúmeras interações conseqüentes da diversidade dos sistemas agroflorestais, também devem ser conduzidos estudos no sentido de se conhecer possíveis pragas e doenças (Schroth et al., 2000; Silva et al., 2006), bem como a interferência de plantas daninhas (Sousa et al., 2003; Silva Neto et al., 2004; Reis & Magalhães, 2006), que podem comprometer a implantação e a produção dos mesmos.

Neste sentido, propõe-se apresentar uma abordagem sobre as práticas de manejo de plantas daninhas em sistemas agroflorestais, visando colaborar com aqueles que buscam informações para o seu manejo, bem como para definição de temas a serem incluídos e fortalecidos em futuras pesquisas.

O conhecimento atual

A exemplo das monoculturas agrícolas e florestais, os sistemas agroflorestais podem apresentar limitações, principalmente na fase de implantação, decorrentes da interferência das plantas daninhas, mesmo diante a menor disponibilidade de espaço disponível para seu estabelecimento em relação às monoculturas (Sousa et al., 2003). Esta menor disponibilidade de espaço para desenvolvimento de plantas daninhas tem sido, inclusive, uma estratégia de manejo utilizada nos sistemas de produção florestal, ou seja, na

fase inicial da cultura florestal é realizado o plantio de culturas agrícolas, compondo um sistema agroflorestal que, dependendo dos objetivos da produção, poderá ser mantido até a idade final de corte. Outra possibilidade foi analisada por Couto et al. (1994) que avaliaram um sistema alternativo de controle de plantas daninhas através de um sistema silvipastoril alternativo com eucalipto e pastoreio de bovinos e ovinos. Como parte dos resultados os autores observaram que, apesar da condição física superficial do solo ser afetada em alguns tratamentos com maior carga animal, a presença de bovinos e ovinos foi eficaz no controle das plantas daninhas.

Entretanto, mesmo com a ocupação mais eficaz dos espaços nos sistemas agroflorestais o aparecimento de plantas daninhas pode comprometer o estabelecimento do mesmo, bem como o crescimento de seus componentes (Silva Neto et al., 2004).

Apesar do avanço das pesquisas relacionadas aos sistemas agroflorestais nos últimos anos, ainda são poucas aquelas relacionadas ao manejo das plantas daninhas, sendo a maioria conduzidas, principalmente, com o objetivo de verificar o potencial do uso de cobertura morta (Carvalho & Torres, 1994; Alley et al., 1999; Kamara et al., 2000), bem como do sombreamento proporcionado pelas árvores (Jama et al. 1991; Rao et al., 1998; Staver et al., 2001; Rosário et al., 2004). Estas estratégias de manejo das plantas daninhas, de um modo geral, estão associadas à busca de sistemas agroflorestais propostos para desenvolvimento de sistemas de produção alternativos àqueles com uso de insumos industrializados, muitas vezes associados à agricultura de subsistência e à produção orgânica.

Todavia, nos últimos anos tem crescido o interesse de produtores rurais pelos sistemas agroflorestais manejados para uma produção mais intensiva, principalmente de madeira, diante o aumento dos programas de fomento florestal estabelecidos pelas empresas do setor florestal (Passos, 1996; Bernardes et al. 2004), bem como por órgãos governamentais. Estes sistemas permitem a obtenção do produto florestal, mantendo-se atividades agrícolas no início do desenvolvimento do plantio florestal e, ou, a atividade pastoril até a exploração da cultura florestal, respeitando-se, assim, princípios básicos de manejo sustentável. Ao apresentarem uma revisão sobre estes sistemas, Reis & Magalhães (2006) comentam sobre a carência de informações científicas sobre a capina, entre outras atividades. Para estes sistemas de produção o controle químico das plantas daninhas, associado ou não a outros métodos de controle, pode ser a forma mais adequada, diante a maior eficiência, menor custo/área e rapidez.

Porém, mesmo diante a disponibilidade de tecnologia de aplicação de herbicidas, são escassas as informações sobre o controle químico de plantas daninhas em sistemas agroflorestais. Além da demanda de informações a este respeito, destaca-se, também, a necessidade de regularização de registros de uso de herbicidas em sistemas agroflorestais junto ao Ministério de Agricultura, Pecuária e Abastecimento - MAPA; adequando-os às conformidades do uso de herbicidas de acordo com a classe toxicológica, ou seja, rever questões referentes aos registros de uso agrícola e florestal, considerando inclusive as exigências dos programas de certificações florestais.

Juntamente com estas providências, para que o manejo de plantas daninhas em sistemas agroflorestais seja

mais eficiente sugere-se a realização de novas pesquisas, conforme temas apresentados a seguir.

Temas a serem incluídos ou fortalecidos em futuras pesquisas sobre o manejo de plantas daninhas em sistemas agroflorestais

√ Efeito de herbicidas agrícolas e florestais: Avaliação do efeito dos herbicidas agrícolas sobre o componente florestal, bem como dos herbicidas florestais sobre as culturas agrícolas e, ou, pastagens. Os herbicidas utilizados nos plantios de eucalipto são pouco móveis no solo, entretanto alguns produtos utilizados no setor agrícola e, principalmente, em pastagens, apresentam mobilidade. Deste modo, a compreensão destas possíveis interações pode ser útil, por exemplo, na definição da distância das linhas de plantio florestal com as culturas agrícolas e, ou, pastagens, e de métodos alternativos ao uso de herbicidas.

√ Composição de métodos de manejo: Dependendo da composição estrutural, dos arranjos espaciais e temporais do sistema agroflorestal, bem como do estágio de desenvolvimento do componente agrícola, florestal e, ou, pastagem, os métodos de manejo tradicionais dos sistemas em monocultura devem ser revistos e, ou, adaptados. Além destas informações, devem-se considerar, também, aquelas referentes às condições topográficas, de disponibilidade de mão-de-obra, tamanho da área de plantio e condições de solo.

√ Revisão dos conceitos do Período Anterior à Interferência - PAI, do Período Total de Prevenção à Interferência - PTPI e do Período Anterior ao Dano no Rendimento Econômico - PADRE: Estas informações ainda são escassas, senão inexistentes, para sistemas agroflorestais, onde as interações

se tornam mais complexas diante o maior número de componentes e espécies do sistema. A este respeito, por exemplo, pode ser necessário definir a condição a ser ocupada pelas gramíneas, como aquelas do gênero *Brachiaria* e *Panicum*, comumente consideradas daninhas em plantios florestais, ou seja, em qual situação são competidoras ou componentes de um sistema agrissilvipastoril.

√ Efeito da morfologia da parte aérea e do sistema radicular do componente arbóreo, das práticas silviculturais (desrama e desbaste) e do espaçamento de plantio florestal: As variações da arquitetura da parte aérea e do sistema radicular das espécies florestais são bem pronunciadas. Em relação à parte aérea, a forma, o tamanho e a densidade das copas podem influenciar a quantidade e a qualidade da luz, e a temperatura do solo, durante o período de desenvolvimento do sistema agroflorestal, influenciando a germinação e o desenvolvimento de plantas daninhas. Em relação ao sistema radicular, cujas informações são relativamente escassas, o conhecimento da arquitetura poderia auxiliar nas questões de possíveis efeitos residuais da aplicação de herbicidas, bem como de danos causados pelo controle mecânico. Estas informações podem auxiliar no planejamento dos arranjos espaciais dos componentes dos sistemas agroflorestais, assim como o manejo das plantas daninhas. O espaçamento de plantio do componente florestal e a realização de desramas e desbastes também podem alterar a quantidade e a qualidade da luz e a temperatura do solo. Além disto, podem interferir na mecanização das operações de manejo das plantas daninhas.

√ Extensão do uso de herbicidas para outras espécies florestais comerciais: Atualmente, existe registro de uso de herbicidas para as espécies florestais do gênero *Eucalyptus*, *Pinus* e *Hevea* (seringueira), comumente utilizadas também em sistemas agroflorestais. Entretanto, outras espécies florestais de interesse comercial que têm sido utilizadas em sistemas agroflorestais, tais como *Acacia mearnsii* (acácia negra), *Tectona grandis* (teca), *Mimosa scabrella* (bracatinga), *Bactris gasipaes* (pupunha), *Grevillea robusta* (grevílea), *Toona ciliata* (cedro australiano) e *Schizolobium amazonicum* (paricá) não possuem registros de uso no MAPA, que deveriam ser providenciados.

Palavras-Chaves: sistema agrossilvipastoril, matocompetição, herbicidas.

Literatura Citada

ALLEY, J. L.; GARRETT, H. E.; MCGRAW, R. L.; DWYER, J. P.; BLANCHE, C. A. Forage legumes as living mulches for trees in agroforestry practices – preliminary results. **Agroforestry Systems**, Dordrecht, v. 44, p. 281-291, 1999.

BERNRDES, M. S.; SARTÓRIO, R. C.; REZENDE, G. D. S. P.; TORRES, A. G. M.; VIEIRA, A. B.; AMBROGI, M. S. Sistemas agroflorestais como forma alternativa de plantios de eucalipto em consonância com a promoção do bem estar social. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE SISTEMAS AGROFLORESTAIS, 5., 2004, Curitiba, **Anais...** Curitiba: Embrapa Florestas / SBSAF, 2004. p. 140-142 (Embrapa Florestas. Documentos, 98).

CARVALHO, E. F.; TORRES, L. G. Manejo de malas hierbas en sistemas agroforestales de amazônia. **Agroforestería em Iás Américas**, Turrialba, v. 1, n. 3, p. 6-9, 1994.

COUTO, L.; ROATH, R. L.; BETTERS, D. R.; GARCIA, R.; ALMEIDA, J. C. C. Cattle and sheep in eucalypt plantations: a silvopastoral alternative in Minas Gerais, Brazil. **Agroforestry Systems**, Dordrecht, v. 28, p. 173-185, 1994.

GARCÍA-BARRIOS, L.; ONG, C. K. Ecological interactions, management lessons and design tools in tropical agroforestry systems. **Agroforestry Systems**, Dordrecht, v. 61, p. 221-236, 2004.

JAMA, B.; GETAHUN, A.; NGUGI, D.N. Shading effects of alley cropped *Leucaena leucocephala* on weed biomass and maize yield at Mtwapa, Coast Province Kenya. **Agroforestry Systems**, Dordrecht, v. 13, p. 1-11, 1991.

KAMARA, A. Y.; AKOBUNDU, I. O.; CHIKOYE, D. Selective control of weeds in an arable crop by mulches from some multipurpose trees in Southwestern Nigeria. **Agroforestry Systems**, Dordrecht, v. 50, p. 17-26, 2000.

MONTOYA, L. Aspectos de P & D, socioeconômicos e de transferência de tecnologia de sistemas agroflorestais. In: MÜLLER, M. W.; GAMA-RODRIGUES, A. C.; BRANDÃO, I. C. F. L.; SERÔDIO, M. H. C. F. (Ed.). **Sistemas agroflorestais, tendência da agricultura ecológica nos trópicos: sustento da vida e sustento de vida**. Ilhéus: SBSAF: CEPLAC: UENF, 2004. p. 265-275.

PASSOS, C. A. M. **Sistemas agroflorestais com eucalipto para uso em programas de fomento florestal, na região de Divinópolis, MG**. 1996. 146 f. Tese (Doutorado em Ciência Florestal) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa.

RAO, M. R.; NAIR, P. K. R.; ONG, C. K. Biophysical interactions in tropical agroforestry systems. **Agroforestry Systems**, Dordrecht, v. 38, p. 3-50, 1998.

REIS, H. A.; MAGALHÃES, L. L. Agrossilvicultura no Cerrado – Região Noroeste do Estado de Minas Gerais. In: GAMA-RODRIGUES, A. C.; BARROS, N. F.; GAMA-RODRIGUES, E. F. et al. **Sistemas agroflorestais: bases científicas para o desenvolvimento sustentável**. Campos dos Goytacazes: Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, 2006. p. 177-187.

ROSÁRIO, A. A. S.; BRILHANTE, M. O.; RODRIGUES, F. Q.; OLIVEIRA, W. S. A.; BRILHANTE, N. A.; PENEIREIRO, F. M. Avaliação técnica do plantio adensado em sistemas agroflorestais com relação ao controle de plantas invasoras. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE SISTEMAS AGROFLORESTAIS, 5., 2004, Curitiba, **Anais...** Curitiba: Embrapa Florestas: SBSAF, 2004. p. 611-613. (Embrapa Florestas. Documentos, 98).

SCHROTH, G.; KRAUSS, L.; GASPAROTTO, L.; AGUILAR, J. A. D.; VOHLAND, K. Pests and diseases in agroforestry systems of the humid tropics. **Agroforestry Systems**, Dordrecht, v. 50, p. 199-241. 2000.

SILVA NETO, P. J.; ROCHA NETO, O. G.; COSTA, F. C. M. Plantas daninhas invasoras de cacauais em sistemas agroflorestais na Região da Transamazônica, PA. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE SISTEMAS AGROFLORESTAIS, 5., 2004, Curitiba. **Anais...** Curitiba: Embrapa Florestas: SBSAF, 2004. p. 437-440 (Embrapa Florestas. Documentos, 98).

SILVA, N. M.; BENTES, J. L. S.; GASPAROTTO, L. Pragas e doenças de expressão econômica de culturas exploradas em sistemas agroflorestais na Amazônia. In: GAMA-RODRIGUES, A. C.; BARROS, N. F.; GAMA-RODRIGUES, E. F. et al **Sistemas agroflorestais: bases científicas para o desenvolvimento sustentável**. Campos dos Goytacazes: Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, 2006. p. 101-118.

SOUSA, L. S. A.; SILVA, J. F.; SOUZA, M. D. B. Composição florística de plantas daninhas em agrossistemas de Cupuaçuzeiro (*Theobroma grandiflorum*) e Pupunheira (*Bactris gasipaes*). **Planta Daninha**, Campinas, v. 21, n. 2, p. 249-255, 2003.

STAVER, C.; GUHARAY, F.; MONTERROSO, D.; MUSCHLER, R. G. Designing pest-suppressive multistrata perennial crop systems: shade-grown coffee in Central America. **Agroforestry Systems**, Dordrecht, v. 53, p. 151-170, 2001.

Efeito do Glyphosate na Severidade da Ferrugem (*Puccinia psidii*) do Eucalipto

*Leonardo David Tuffi Santos¹; Francisco Affonso Ferreira; Acelino
Couto Alfenas; Rodrigo Neves Graça*

¹Universidade Federal de Viçosa, Campus Universitário, Viçosa – MG.
CEP: 36570-000.

O setor florestal vem procurando aperfeiçoar as práticas de aplicação de herbicidas, como forma de reduzir despesas e diminuir os impactos negativos advindos do contato indesejado de produtos não seletivos para o eucalipto. Na eucaliptocultura o uso do glyphosate tem sido relacionado não só aos efeitos diretos sobre as plantas, como também ao aumento da severidade de doenças, a distúrbios nutricionais das plantas e a efeitos negativos sobre a microbiota do solo.

O glyphosate é um produto sistêmico e não seletivo devendo ser usado em aplicações dirigidas evitando-se atingir as plantas de eucalipto. Apesar da baixa volatilidade do glyphosate e de sua característica de produto sistêmico, que permite o uso de pontas de pulverização que produzam gotas grossas, é comum ocorrer o contato indesejado desse herbicida com a cultura. Dentre as formas de contato do glyphosate com plantas de eucalipto podem-se citar: 1- aplicação da calda com herbicida diretamente sobre os ramos; 2- contato com gotas arrastadas pelo vento (deriva); 3- contato com plantas daninhas recém tratadas; e 4- exsudação radicular do glyphosate por plantas daninhas tratadas e subsequente absorção do produto pelas raízes do eucalipto.

Atualmente, tem-se levantado à hipótese de que a deriva de glyphosate seja a responsável pelo o aumento da incidência e severidade da ferrugem do eucalipto. Essa hipótese é embasada por estudos que avaliam os efeitos do glyphosate em plantas, uma vez que seu mecanismo de ação interfere na rota do ácido chiquímico, principal precursor de substâncias envolvidas na defesa de plantas à

patógenos, destacando-se: taninos, antocianinas, ácido salicílico, lignina, flavonas, isoflavonas e cumarinas (Buchanan et al., 2000). Assim o herbicida pode estar favorecendo a infecção do eucalipto por patógenos, devido à queda das defesas da planta pelo comprometimento ou interrupção da síntese de lignina, fitoalexinas (Lévesque e Rahe, 1992; Rizzardi et al., 2003) e de outros compostos.

A ferrugem causada por *Puccinia psidii* Winter é atualmente uma das principais doenças do eucalipto no Brasil, causando prejuízos em viveiro e no campo. Seu controle baseia-se principalmente no uso de espécies, clones e progênies resistentes. O uso de alguns fungicidas e o plantio em épocas desfavoráveis ao patógeno também são práticas utilizadas para o controle da doença (Alfenas et al., 2004). A herança da resistência a *P. psidii* em *Eucalyptus grandis* é condicionada por um gene de efeito principal, denominado Ppr-1, cujo conhecimento possibilitou a identificação e seleção de genótipos homozigóticos e heterozigóticos para resistência, bem como de genótipos suscetíveis (Junghans et al., 2003).

Os efeitos da deriva do glyphosate sobre a severidade da ferrugem em clones de eucalipto resistentes e suscetíveis a doença foram avaliados por Tuffi Santos et al. (2007). Não foram observadas pústulas nos clones resistentes à ferrugem, UFV01 e UFV02, independentemente da aplicação ou não de glyphosate e da época de realização do ensaio (Tabela 1). Esses resultados indicam que a deriva de glyphosate não modificou a resistência à ferrugem dos clones resistentes testados (UFV01 e UFV02). Entre os clones UFV03 e UFV04, suscetíveis à ferrugem, foram atribuídas notas S2 e S3 de severidade tanto para plantas expostas ao glyphosate quanto para a testemunha sem herbicida (Tabela 1). As avaliações de severidade da doença foram realizadas seguindo a escala de notas proposta por Junghans et al. (2003). Nos dois ensaios realizados – verão e outono/inverno - observou-se diminuição da severidade da doença nos dois clones suscetíveis com o aumento das subdoses de glyphosate.

Plantas expostas à deriva do glyphosate apresentaram menor área foliar afetada por ferrugem, menor número de urediniósporos/pústula e menor número de urediniósporos/área foliar, em comparação com as plantas testemunhas.

Acredita-se também que o herbicida na superfície epidérmica da folha do eucalipto pode influenciar os processos de infecção e sobrevivência dos esporos de *P. psidii*. Berner et al. (1991) observaram que aplicações de glyphosate, em formulações com ou sem surfatante, inibiram o crescimento micelial de *Calonectria crotalariae*. A presença de diferentes substâncias químicas na formulação do herbicida, como solventes, surfatantes e agentes molhantes, podem modificar e, provavelmente, potencializar os efeitos negativos dos herbicidas em microrganismos (Malkónes, 2000).

Resultados de pesquisas mais recentes (Tuffi Santos et al., dados não publicados) demonstram que existe efeito negativo do glyphosate sobre *P. psidii* em tecidos não tratados diretamente com o herbicida e inoculados com o patógeno, indicando o efeito sistêmico deste produto. A germinação e formação de apresório de urediniósporos de *P. psidii* avaliados em folhas de eucalipto submetidas à aplicação direta de glyphosate no limbo foliar ou na base do pecíolo, em algodão embebido pela calda herbicida, é menor que a testemunha, que não recebeu aplicação do herbicida. A redução da germinação dos urediniósporos quando da aplicação de 691,2 g ha⁻¹ de glyphosate no limbo foliar ou na base da folha alcança, respectivamente, 50 e 52%. Na maior dose a redução na formação de apresório foi de, aproximadamente, 42% independentemente do local de aplicação do herbicida. Isso sugere que o efeito inibitório do glyphosate sobre *P. psidii* ocorre nas fases iniciais de desenvolvimento de *P. psidii*, seja a forma de contato do herbicida com o patógeno direta ou indireta (via translocação nos tecidos foliares do eucalipto).

Tabela 1. Severidade da ferrugem (*Puccinia psidii*), avaliada por escala diagramática com quatro classes de severidade (S0, S1, S2 e S3) proposta por Junghnas et al. (2003), em clones de híbridos de *E. grandis* submetidos à deriva de glyphosate

Clone	g ha ⁻¹ de glyphosate ¹				
	0	28,8	57,6	86,4	115,2
	Ensaio realizado no verão				
UFV01	S0	S0	S0	S0	S0
UFV02	S0	S0	S0	S0	S0
UFV03	S3	S3	S3	S3	S3
UFV04	S3	S3	S3	S2	S2
	Ensaio realizado no outono/inverno				
UFV01	S0	S0	S0	S0	S0
UFV02	S0	S0	S0	S0	S0
UFV03	S3	S3	S3	S3	S0*
UFV04	S3	S2	S1	S1	S0

¹Subdoses correspondentes a 0 (testemunha), 2, 4, 6 e 8% da dose de 1440 g ha⁻¹ de glyphosate, respectivamente. * 100% das plantas apresentaram morte dos ponteiros.

S0 e S1 são resistentes à ferrugem e S2 e S3 são suscetíveis.

Extraído de Tuffi Santos et al. (2007).

O caráter biotrófico de *Puccinia psidii* somado à característica desse patógeno de infectar e se desenvolver bem em tecidos jovens e sadios possivelmente explica a menor severidade da doença em plantas expostas à deriva, haja visto os distúrbios fisiológicos, anatômicos e estruturais verificados em plantas intoxicadas por glyphosate. O glyphosate atua na rota do ácido chiquímico sobre a atividade enzimática da 5-enol-piruvil shiquimato-3-fosfato sintase (EPSPS), inibindo a síntese dos aminoácidos aromáticos triptofano, tirosina e fenilalanina em plantas. Conseqüentemente, plantas tratadas com glyphosate apresentem deficiência na síntese protéica e de vários outros compostos aromáticos importantes, como vitaminas (K e E), hormônios (auxina e etileno), alcalóides, lignina, antocianina e outras substâncias ligadas a defesa dos vegetais. Entre-

tanto, é válido ressaltar que essa rota metabólica também está presente em fungos e bactérias, indicando que efeitos negativos do glyphosate sobre estes microrganismos sejam esperados, no caso do contato com este herbicida.

Deficiências e desequilíbrios nutricionais, mudanças morfoanatômicas e bioquímicas na planta podem predispor certos materiais genéticos a maior severidade de doenças. Os efeitos fisiológicos do glyphosate em eucalipto podem causar distúrbios bioquímicos e, conseqüentemente, o desbalanço entre os compostos orgânicos e inorgânicos da planta. Teores foliares de Ca, Mg, Fe, Mn e B superiores, em comparação com a testemunha sem herbicida, foram observados em plantas que receberam doses de 345,6 e 691,2 g ha⁻¹ de glyphosate, em deriva simulada, não havendo relação entre os sintomas provocados pelo glyphosate com a deficiência de nutrientes (Siqueira et al., 2004). Em eucalipto plantas tratadas por meio de fertirrigação com N, K e Cu, e por meio de aspersão com silicato de potássio e ácido salicílico não diferiram da testemunha, apesar da tendência de plantas que não receberam N apresentarem menor número de uredinósporos de *P. psidii* por unidade de área (Silva et al., 2006).

Efeitos preventivos e curativos do glyphosate na incidência de ferrugem do trigo e de soja resistente ao herbicida foram observados em condições controladas e no campo (Feng et al. 2005). Folhas de trigo pré-inoculadas com *Puccinia triticina* e protegidas do contato com o glyphosate pulverizado no restante da planta apresentaram menor incidência de ferrugem que nas plantas testemunha (sem glyphosate), ressaltando o efeito sistêmico do herbicida na diminuição da severidade desta doença.

A aplicação de glyphosate em plantas de trigo reduziu a infecção por *P. triticina* e por *P. graminis* em genótipos de trigo resistentes a esse produto (Anderson e Kolmer, 2005). Entretanto não foi observado efeito curativo do herbicida na ferrugem do trigo, uma vez que sua aplicação não afe-

tou o desenvolvimento de pústulas de *Puccinia* sp. pré-estabelecidas, sugerindo o efeito inibitório do herbicida ocorra nos estádios iniciais de infecção. A germinação de aeciósporos de *Puccinia lagenophora*, usado no biocontrole de *Senecio vulgaris*, é significativamente menor quando da adição de 0,1125 e 0,0565 mg ml⁻¹ de glyphosate no meio de cultura, quando comparado à adição de água (Wyss e Muller-Scharer, 2001).

Considerações Finais

Nas pesquisas até aqui realizadas pode-se concluir que o glyphosate não altera a resistência de genótipos de eucalipto a ferrugem (*P. psidii*) e que em clones suscetíveis o contato com o herbicida ocasiona a diminuição da severidade da doença, por afetar os processos iniciais de infecção do fungo. Na literatura encontram-se resultados em que o glyphosate, bem como outros herbicidas, aumenta ou diminui a severidade e incidência de doenças em plantas. Neste sentido torna-se relevante a realização de novas pesquisas envolvendo o contato do glyphosate com plantas de eucalipto e suas relações com outros fitopatógenos e microrganismos benéficos.

Agradecimentos

Agradecemos à Suzano Papel e Celulose e ao CNPq pelo apoio financeiro e suporte na realização dessa pesquisa.

Palavras-chave: *Puccinia psidii*, herbicida, doença de plantas, *Eucalyptus* spp.

Keywords : *Puccinia psidii*, herbicide, disease, *Eucalyptus* spp.

Citações Bibliográficas

ALFENAS, A. C. **Clonagem e doenças do eucalipto**. Viçosa, MG: UFV, 2004.

ANDERSON, J. A.; KOLMER, J. A. Rust control in glyphosate tolerant wheat following application of the herbicide glyphosate. **Plant Disease**, St. Paul, v. 89, p. 1136-1142, 2005.

BERNER, D. K.; BERGGREN, G. T.; SNOW, J. P. Effects of glyphosate on *Calonectia crotalariae* and red crown rot of soybean. **Plant Disease**, St. Paul, v. 75, p. 809-813, 1991.

BUCHANAN, B. B.; GRUISSEM, W.; JONES, R. L. **Biochemistry and molecular biology of plants**. 3 ed. Rockville: American Society of Plant Physiologists, 2000. 1367 p.

FENG, P. C. C. et al. Glyphosate inhibits rust diseases in glyphosate-resistant wheat and soybean. **Proceedings of the National Academy of Sciences**, Washington, v. 102, p.17290-17295, 2005.

JUNGHANS, D. T. et al. Resistance to rust (*Puccinia psidii* Winter) in *Eucalyptus*: mode of inheritance and mapping of a major gene with RAPD markers. **Theoretical and Applied Genetics**, New York, v. 108, p. 175-180, 2003.

LÉVESQUE, C.A.; RAHE, J. E. Herbicide interaction with fungal root pathogens, with special reference to glyphosate. **Annual Review Phytopathology**, Palo Alto, v.30, p. 579-602, 1992.

MALKONES, H. P. Comparison of the effects of differently formulated herbicides on soil microbial activities — a review. **Journal of Plant Diseases Protection**, Stuttgart, v. 8, p. 781-789, 2000.

RIZZARD, M. A. et al. Ação dos herbicidas sobre o mecanismo de defesa das plantas aos patógenos. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 33, n. 5, p. 957-965, 2003.

SIQUEIRA, C. H. et al. Crescimento e concentração de nutrientes na parte aérea de eucalipto sob efeito da deriva de glyphosate. In: REUNIÃO BRASILEIRA DE FERTILIDADE DO SOLO E NUTRIÇÃO DE PLANTAS, 26.; REUNIÃO BRASILEIRA SOBRE MICORRIZAS, 10.; SIMPÓSIO BRASILEIRO DE MICROBIOLOGIA DO SOLO, 8.; REUNIÃO BRASILEIRA DE BIOLOGIA DO SOLO - FERTIBIO 2004, 5., 2004, Lages, SC. **Anais...** Lages: SBCS, 2004. CD-ROM.

SILVA, A. G. et al. Influência de nutrientes (Cu, N e K), de silicato de potássio e ácido salicílico na severidade da ferrugem do eucalipto causada por *Puccinia psidii*. **Fitopatologia Brasileira**, Brasília, DF, v. 31, ago. 2006. Suplemento.

TUFFI SANTOS, L. D. et al. Glyphosate sobre a resistência à ferrugem (*Puccinia psidii*) do eucalipto. **Planta Daninha**, Campinas, v. 25, n. 1, p. 139-147, 2007.

WYSS, G. S.; MULLER-SCHARER, H. Effects of selected herbicides on the germination and infection process of *Puccinia lagenophora*, a biocontrol pathogen of *Senecio vulgaris*. **Biological Control**, San Diego, v. 20, p. 160-166, 2001.

Visão Empresarial do Manejo de Plantas Daninhas em Povoamentos Florestais

Fernando Palha Leite ¹; Rinaldo Costa Félix ¹

¹Celulose Nipo-brasileira S.A. – CENIBRA. fernando.leite@cenibra.com.br;
rinaldo.felix@cenibra.com.br

Como em qualquer outro tipo de empreendimento, o processo de produção comercial de madeira, para ser sustentável, deve apresentar viabilidade econômica, ambiental e social. No Brasil a área plantada com florestas (pinus e eucaliptus) até 2001 era de 4,8 milhões de hectares (SBS, 2001). Somente em 2005 foram plantados e reformados mais 553.000,0 hectares. Para a viabilização destes investimentos é necessário a manutenção e aumento da produtividade destas florestas.

A principal causa dos ganhos de produtividade das florestas plantadas de eucalipto no Brasil e em outros países como a África do Sul, pode ser atribuída ao manejo adequado dos fatores de produção, principalmente nutrientes e água. Uma das formas de melhorar a disponibilidade destes fatores, para as plantas de interesse comercial, tem sido por meio do manejo eficiente das plantas daninhas presentes nos povoamentos florestais. Além de competir pelos fatores de produção, a presença de plantas daninhas, em determinados níveis, compromete a eficiência e aumenta os custos de várias atividades (preparo de solo, controle de formigas, corte e baldeio da madeira), além de potencializar os danos causados pelos incêndios florestais.

Uma informação básica para o estabelecimento das estratégias de manejo é o conhecimento do impacto da concorrência por plantas daninhas na produtividade das florestas. Para povoamentos de eucalipto na região centro-leste de MG a redução de produtividade pode variar de 42 a 1 % (Quadro 01), dependendo do período de convivência das plantas daninhas com o povoamento florestal. Conhecendo este impacto, podemos definir quanto pode ser in-

vestido no manejo das plantas daninhas. Este valor poderá ser no máximo o valor correspondente ao preço da madeira que deixaria de ser produzida no período onde não houve um controle adequado dessas plantas.

Definido este limite, ações devem ser tomadas na busca de melhorias contínuas no manejo das plantas daninhas. Dentro dessas ações várias foram tomadas pelas empresas de base florestal, tais como: definição de períodos de convivência e controle; monitoramento dos níveis de infestação; definição de produtos e de doses mínimas; adequação de equipamentos de aplicação; treinamentos (de aplicadores e supervisores); realização de “vistorias” periódicas da equipe técnica as frentes de aplicação; realização dos controles de qualidade da atividade; realização de auditorias independentes a todas as partes envolvidas na atividade (equipe técnica e operacional). Ou seja, ações estão sendo realizadas conjuntamente nas áreas de manejo, de tecnologia de aplicação, de qualidade e de capacitação de pessoal.

As principais empresas do setor de base florestal optaram por trabalhar dentro de padrões de sistemas de certificação de qualidade (ISO 9000), ambiental (14000) e certificação florestal (FSC e CERFLOR). Desse modo as atividades relacionadas ao controle de plantas daninhas tiveram que se adaptar as “exigências” destes sistemas, este fato também contribuiu para ganhos consideráveis no manejo de plantas daninhas em povoamentos florestais nos aspectos técnicos, ambientais e sociais.

Palavras-chave: eucalipto, herbicida, tecnologia de aplicação, qualidade

Quadro 1. Redução de crescimento do eucalipto aos 84 meses em função da competição com plantas daninhas.

Período sem controle (meses)	Locais*		
	Belo Oriente	Santa Bárbara	Guanhães
	m ³ /ha		
84	98,8	107,1	106,7
72	49,0	47,6	47,9
60	39,2	35,7	37,2
48	29,4	23,8	23,9
36	19,6	11,9	10,6
24	9,8	7,1	5,3
12	3,9	2,4	2,7

* Obs.: Produção de plantios de eucalipto esperada aos 84 meses de idade nas condições de manejo adequado das plantas daninhas: Belo Oriente (233,0 m³/ha), Santa Bárbara (276,0 m³/ha) e Guanhães (330 m³/ha).

Endereço para aquisição da publicação

Sociedade Brasileira da Ciência das Plantas Daninhas

Rodovia MG 424- Km 65- C.P. 151 - CEP 35701-970 - Sete Lagoas, MG

Telefax: (31) 3779 1086

Home page: www.sbcpd.org E-mail: secsbcpd@cnpmc.embrapa.br



SBCPD

PROMOÇÃO:



REALIZAÇÃO:



Ministério da
Agricultura, Pecuária
e Abastecimento



APOIO:



Os milagres da ciência

